

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»  
Теплоенергетичний факультет  
Кафедра атомних електричних станцій і інженерної теплофізики

«На правах рукопису»  
УДК \_\_\_\_\_

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_/проф. В.О.Туз/  
“ ” \_\_\_\_\_ 2018 р.

## Магістерська дисертація

зі спеціальності 144 Теплоенергетика

спеціалізації Теплофізика

на тему: Температурний режим будівлі

**Виконав (-ла):** студент (-ка) 6 курсу, групи ТФ-61м

Мордас Роман Вікторович

(прізвище ім'я, по батькові)

(підпис)

**Науковий керівник** к.т.н., доц. Лебедь Н.Л.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали )

(підпис)

### Консультанти:

з економічних питань  
(назва розділу)

к.п.н., доц. Пермінова С.О.

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали )

(підпис)

з питань охорони праці  
(назва розділу)

к.т.н., доц. Каишанов С.Ф.

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали )

(підпис)

### Рецензент

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали )

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає  
запозичень з праць інших авторів без відповідних  
посилань.

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2018 року

**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського»**

Факультет (інститут) Теплоенергетичний

Кафедра Атомних електричних станцій і інженерної теплофізики

Рівень вищої освіти другий (магістерський) за освітньо-науковою програмою

Спеціальність 144 Теплоенергетика

Спеціалізація Теплофізика

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

/В.О.Туз/

(підпис)

(ініціали, прізвище)

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ  
на магістерську дисертацію студенту**

Мордасу Роману Вікторовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

**1. Тема дисертації** Температурний режим будівлі

науковий керівник дисертації Лебедь Н. Л., к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по-батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 р. № \_\_\_\_\_  
"30" квітня 2018 р.

**2. Строк подання студентом дисертації**

**3. Об'єкт дослідження**

Тепловий стан будівлі

**4. Предмет дослідження** Вплив характеристик системи регулювання на тепловий стан будівлі

**5. Перелік питань, які потрібно розробити** Виконати аналіз систем термо-

активних конструкцій. Створити геометричну модель будівлі для якої розроб-  
ляється система теплозабезпечення. Розробити схеми теплозабезпечення будівлі  
на базі системи активного утеплення-опалення з використанням альтернативних  
джерел енергії. Виконати моделювання теплового режиму будівлі з існуючою та  
пропонованою системами. Виконати аналіз результатів з наданням рекомендацій.  
Розглянути питання охорони праці при роботі з ПЕОМ. Розробити стартап

**6. Орієнтовний перелік ілюстративного (графічного) матеріалу**

*Система теплозабезпечення будівлі. Схема принципова. Аркуш А1, аркушів 1.*

*Термоактивна конструкція. Схема принципова. Аркуш А1, аркушів 1.*

*Результати моделювання. Аркуш А1, аркушів 3.*

*Бізнес-модель стартап проекту. Аркуш А1, аркушів 1.*

*Графіки річного споживання будівлі. Аркуш А1, аркушів 1.*

*Графіки залежності тепловтрат будівлі від дня року. Аркуш А1, аркушів 1.*

**7. Орієнтовний перелік публікацій** *Стаття у науковому журналі*

*«Енергетика» за темою: «Моделювання теплового стану будівлі з системою термоактивного утеплення». Дві доповіді на конференціях з публікацією тез.*

**8. Консультанти розділів дисертації:**

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
з питань охорони праці	к.т.н., доц. Каштанов С.Ф.		
з економічних питань	к.п.н., доц. Пермінова С.О.		

**9. Дата видачі завдання** " 12 " березня 2018 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Оформлення технічного завдання на наукове дослідження.	25.10.2016	
2	Літературний огляд за темою дисертації. Постановка задачі дослідження.	13.12.2016	
3	Вибір і обґрунтування методу дослідження.	31.01.2017	
4	Опис математичної моделі.	07.03.2017	
5	Опис об'єкту, що моделюється. Опис системи забезпечення температурного режиму.	31.10.2017	
6	Розрахунок параметрів системи. Аналіз отриманих результатів.	14.12.2017	
7	Висновки та рекомендації.	18.01.2018	
8	Розроблення графічної частини магістерської дисертації	22.03.2018	
9	Підпис керівника магістерської дисертації	30.04.2018	
10	Проходження нормоконтролю	03.05-11.05.2018	
11	Попередній захист	14.05-16.05.2018	
12	Державний захист магістерської дисертації	21.05 - 31.05.2018	

**Студент**

(підпис)

(прізвище та ініціали)

**Науковий керівник дисертації**

(підпис)

(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

МД: 95 с., 29 рис., 25 табл., 4 додатки, 14 джерел

Об'єкт дослідження – тепловий стан будівлі.

Предмет дослідження – вплив характеристик систем регулювання на стан будівлі.

Мета роботи – розробка та аналіз системи активного утеплення опалення та охолодження для оцінки ефективності роботи.

Метод дослідження – чисельне моделювання процесів теплообміну.

В ході виконання магістерської дисертації було розроблено:

- 1) комбіновану схему роботи системи термостабілізації (опалення та кондиціонування).;
- 2) геометричну модель частини 5-го корпусу Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».
- 3) виконано моделювання стандартної системи забезпечення температурного режиму та пропонувану систему активного утеплення опалення та охолодження;
- 4) отримано річне споживання енергії для опалення двома типами систем та проведено аналіз з наданням рекомендацій.

Прогнозовані припущення щодо розвитку предмету дослідження – оптимізація системи термоактивного утеплення (крок розміщення трубопроводів, вплив на вологість в приміщенні), універсалізація застосування, апробація на різних типах приміщень, вплив товщини зовнішнього утеплювача. Моделювання вузла системи термоактивного утеплення, виявлення та усунення джерел втрат теплоти.

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, ТЕРМОАКТИВНІ КОНСТРУКЦІЇ, АКТИВНЕ УТЕПЛЕННЯ, ТЕПЛОВИЙ НАСОС, ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

## ABSTRACT

Master thesis: 95 pages, 29 figures, 25 tables, 4 appendixes, 14 references

The object of research - the thermal condition of the building.

The subject of the study is the influence of the characteristics of the control systems on the state of the building.

The purpose of the work is to develop and analyze the system of active heating and cooling insulation to evaluate the efficiency of work.

During the implementation of the master's dissertation was developed:

1) the combined scheme of the system of thermostabilization (heating and air conditioning);

2) Geometric model of the 5th Corps of the National Technical University of Ukraine " Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute ".

3) a standard system of temperature control and the proposed system of active heating and cooling heating are modeled;

4) annual energy consumption for heating of two types of systems was obtained and an analysis with recommendations was made.

Projected assumptions concerning the development of the research subject - optimization of the system of thermal active insulation (the step of placing pipelines, on the humidity in the room), universalization of application, testing on different types of premises, influence of the thickness of the external insulation. Modeling of the site of the system of thermal active insulation, detection and elimination of sources of heat loss.

ENERGY EFFICIENCY, THERMOACTIVE CONSTRUCTION, ACTIVE  
REINFORCEMENT, HEAT PUMP, NUMBERSY MODELING

## ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів .....	8
Вступ.....	10
1 Літературний огляд .....	13
1.1 Математична модель теплового режиму приміщення .....	14
1.2 Тепловтрати через світлопрозорі огорожувальні конструкції .....	15
1.3 Системи опалення та кондиціонування будівель з використанням теплових насосів.....	17
1.4 Системи підтримки нагріву та охолодження будівель .....	19
1.5 Термоактивні системи будівель.....	21
2 Система забезпечення температурного режиму .....	25
2.1 Теплогідравлічні схеми теплопостачання будівель .....	25
2.2 Повітряна система обігріву .....	32
3 Моделювання системи активного утеплення опалення та охолодження .....	36
3.1 Геометричні та теплотехнічні параметри будівлі.....	36
3.2 Термоактивні конструкції та умови дослідження .....	39
3.3 Результати моделювання існуючої системи.....	44
3.4 Результати моделювання системи термоактивного утеплення опалення та охолодження, що пропонується .....	47
3.5 Результати CFD моделювання системи термоактивного утеплення опалення та охолодження.....	53
4 Розробка стартап проекту.....	56
4.1 Резюме проекту .....	56
4.2 Канва бізнес моделі проекту .....	57
4.3 Організація проекту .....	58
4.4 Ключові види діяльності проекту.....	58
4.5 Основні бізнес-процеси проекту .....	59
4.6 Взаємовідносини між споживачами та канали збуту .....	63
4.7 Обґрунтування ресурсів та витрат проекту.....	63

4.8 План робіт та партнери проекту .....	66
4.9 Грошовий потік та економічна оцінка проекту .....	67
5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	71
5.1 Електробезпека.....	71
5.2 Мікроклімат робочої зони.....	79
5.3 Освітлення робочих місць користувачів ВДТ ПЕОМ.....	80
5.4 Виробничий шум.....	81
5.5 Електромагнітне поле ВДТ ПЕОМ .....	82
5.6 Безпека у надзвичайних ситуаціях .....	84
5.7 Організація ефективної роботи системи оповіщення виробничого персоналу у разі виникнення надзвичайної ситуації.....	84
5.8 Обов'язки та дії персоналу у разі виникнення надзвичайної ситуації..	87
5.9 Пожежна безпека.....	88
5.10 План евакуації персоналу при виникненні надзвичайної ситуації .....	89
Висновки .....	91
Перелік посилань .....	94
Додаток А Температурний стан будівлі .....	98
Додаток Б Розподіли швидкості повітря в будівлі .....	100
Додаток В Технічне завдання .....	103
Додаток Г Довідка про впровадження .....	104

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

Умовні позначення:

$Q$  – теплоспоживання, кВт·год;

$W$  – електроспоживання, кВт·год;

$w$  – швидкість, м/с;

$d$  – діаметр, м;

$t, T$  – температура, °C, K;

Індекси:

вих. – вихід;

вн. – внутрішній;

вх. – вхід;

$i$  – пряма інсоляція;

$pi$  – розсіяна інсоляція;

Скорочення:

WWSHP – wastewater source heat pump (каналізаційні стоки, як  
низькопотенційне джерело теплового насосу);

ПТС – порожнисті трубчасті світлопроводи;

TABS – thermal active building system; (термоактивні будівельні системи)

ТАСБ – термоактивні системи будівель;

COP – coefficient of performance (коефіцієнт трансформації);

EER – energy efficiency ratio (холодильний коефіцієнт);



CFD – computational fluid dynamics (обчислювальна гідродинаміка);

ПЕОМ – персональна електронно обчислювальна машина;

ВДТ - відеодисплейний термінал.

## ВСТУП

В контексті постійного підвищення цін на енергоресурси постає питання найефективнішого використання останніх. При цьому витрати на підтримання оптимального температурного рівня зростають. Аналіз втрат енергії первинного палива свідчить про те, що найбільші надлишкові втрати теплоти відбуваються у її кінцевих споживачів, тобто в будинках.

Однією з основних причин великих витрат на опалення та кондиціонування є застарілість більшості будівель України, що були зведені ще за часів СРСР. Оскільки вимоги до енергозаощадження зростають, необхідно збільшувати значення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій.

Тому досить важливими постають задачі організації енергозберігаючих режимів експлуатації будівлі, виявлення ділянок з найбільш високими рівнями тепловтрат з поверхонь огорожуючих конструкцій, а також пошук і реалізація інноваційних рішень щодо зменшення тепловтрат (теплопритоків) та приведенню їх до відповідності діючих норм. Також при реконструкції будівель варто в першу чергу враховувати ефективність даних рішень в майбутньому, адже, як показує практика, теплова реконструкція будівель є не дуже дешевим процесом, але дає можливість значно економити на експлуатаційних витратах, таких як термостабілізація, підтримання оптимального рівня температур та вологості.

Іншою важливою проблемою при проектуванні та реконструкції будівель є зміна клімату, та її вплив на термостабілізацію будівель. Наприклад, результати досліджень [1] показують зниження річних потреб в тепловій енергії для швейцарських житлових будинків на період з 2050 по 2100 роки на (33...44) %. Річна потреба в електроенергії для охолодження офісних будівель з внутрішніми питомими теплопритоками в (20...30) Вт/м<sup>2</sup> збільшиться в (2,23...10,5) разів, а потреби в тепловій енергії скоротяться на (36...58) %. Очікується скорочення опалювального сезону на термін до 53 днів. Тобто без

врахування впливу зміни клімату проектування ефективних систем термостабілізації для довгострокового використання не можливо.

Якщо ж задача визначення тепловтрат будинків може бути вирішена аналітичним шляхом, то зазвичай при цьому не враховуються такі важливі фактори впливу, як рівень сонячної інсоляції на поверхню, що останнім часом має все більш вагомий вплив, зміна з плином часу теплофізичних параметрів огорожуючих конструкцій. Тобто має місце велика кількість факторів впливу різного характеру. Оскільки паралельно ще постає питання розрахунку систем термостабілізації будівель із врахуванням зміни клімату, задача ще більше ускладнюється. Адже фактично досить важко передбачити реальні показники щодо зміни температури навколишнього середовища.

Таким чином, встановлення особливостей теплопереносу в будівлях з використанням сучасних розрахункових моделей, що враховують ефект глобального потепління та зміни клімату в цілому є актуальною задачею, особливо при проектуванні нових будинків та реконструкції старих. При цьому важливо дослідити вплив зміни клімату на енергоспоживання будівель, ефективність роботи систем охолодження. Також при розробці нових, ефективних систем охолодження варто правильно підібрати запас потужності для їх ефективної роботи в майбутньому.

Вирішення даних питань дозволить зменшити енергоспоживання будівель, а в перспективі навіть досягти повної автономності, що в свою чергу зменшить споживання енергоресурсу та дасть можливість зменшити викиди в атмосферу для сповільнення процесу зміни клімату. В довгостроковій перспективі переходу на альтернативні джерела цей процес є обов'язковим, адже ефективність таких систем не завжди є високою, особливо для помірно континентального клімату.

Для дослідження даних питань кращим методом є експериментальний. Але він є дуже складним, адже для отримання результатів високої точності вимагається і висока точність постановки багатфакторного експерименту. Крім того, короткострокові експерименти можуть не показати повної картини

впливу всіх факторів, і не дадуть змогу спроектувати системи термостабілізації з врахуванням зміни клімату в довгостроковій перспективі.

Метою даної роботи є дослідження температурного режиму типових українських будівель, з використанням нових ефективних шляхів термостабілізації (охолодження, нагріву).

Для досягнення поставленої мети вибрано чисельний метод дослідження, який дозволяє врахувати фактори впливу, може якісно показати цей вплив для подальшого аналізу та надання рекомендацій.

Розрахунок виконано у безкоштовному програмному продукті EnergyPlus, що дозволяє в автоматичному режимі врахувати дані про погодні умови. Дані про погоду надані Всесвітньою метеорологічною організацією [2].

Об'єктом дослідження є тепловий стан будівлі. Предметом дослідження є вплив характеристик системи регулювання на тепловий стан будівлі.

## 1 ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

Впровадження нових технологій, що відіграють основну роль в енергозбереженні є одним з важливих кроків у вирішенні багатьох екологічних проблем (зміна клімату, шкідливі викиди в атмосферу та ін.) [3].

До впровадження можуть бути рекомендовані наступні групи технологій, що мають вагомий енергозберігаючий ефект:

- більш ефективне виробництво енергії, включаючи сучасні котельні, спільне вироблення електричної і теплової енергії (когенерація), а також одночасне вироблення трьох видів енергії: електрики, тепла і холоду (тригенерація), заміна застарілого обладнання на сучасне і енергоефективне;
- альтернативні поновлювані джерела енергії;
- сучасні «інтелектуальні» опалювальні установки та системи регулювання опалення, що відповідають високому рівню теплоізоляції з високим ККД;
- великі скляні поверхні (вікна) для пасивного використання сонячної енергії, встановлені переважно з південного боку будівлі;
- рекуперація тепла в системах вентиляції, які регулюються користувачем;
- термо-активні конструкції (теплі/холодні підлоги, стелі, стіни, активне утеплення);
- використання низькопотенційних джерел з низькотемпературними системами опалення;
- системи кондиціонування з використанням непрямого випарного охолодження;
- позитивне ставлення мешканців до будівель з низьким енергоспоживанням. Вибираючи режим провітрювання і температуру приміщення, споживач значним чином впливає на тепловий баланс будівлі і, тим самим, на споживання енергії на опалення та кондиціонування. Тому проекти сучасних енергоефективних будівель повинні передбачати тісну

взаємодію з мешканцями, інакше можливе або зниження рівня комфорту, або збільшення споживання енергії.

### 1.1 Математична модель теплового режиму приміщення

Нижче представлено математичну модель теплового режиму приміщення як об'єкта з розподіленими параметрами. Вона складається з рівнянь збереження кількості руху (Нав'є-Стокса), енергії, маси.

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial}{\partial t}(\rho V_i) = -\frac{\partial \Pi_i}{\partial x_k} \\ \frac{\partial T}{\partial t} + \bar{V} \nabla T = \text{div} \lambda \nabla T \frac{1}{c\rho} \\ \frac{\partial \rho}{\partial t} + \text{div} \rho \bar{V} = 0 \\ \left\{ \frac{\partial H}{\partial t} = \text{div} \lambda \nabla T \pm C_R j_F \frac{\partial T}{\partial y} + Q_{\text{sou}} \right\}_i \\ y=0 \left\{ q_{\text{cond}} = q_c^{\text{out SF}} + q_R^{\text{out SF}} + q_{\text{sun}}^{\text{out SF}} + q_{\text{Ph}}^{\text{out SF}} \right\}_i \\ y=\delta \left\{ q_{\text{cond}} = q_c^{\text{in SF}} + q_R^{\text{in SF}} + q_{\text{sun}}^{\text{in SF}} + q_{\text{Ph}}^{\text{in SF}} \right\}_i \\ C_{\text{EQ}} \cdot \rho_{\text{EQ}} \frac{\partial T_{\text{EQ}}}{\partial t} = \text{div} \lambda_{\text{EQ}} \nabla T_{\text{EQ}} + Q_{\text{EQ}}(x, y, z) \\ t=0 \left\{ T = T(x, y, z); T_i = T_i(x, y, z); T = T(x, y, z); V_\Gamma = 0 \right\} \end{array} \right. \quad (1.1)$$

де

$$H = \int_0^T [C_p + \delta \cdot (\xi - T') i_{\text{mel}} w \rho_w L] d\xi$$

$T'$  - температура фазового переходу, лід-вода, °С;

$L$  – льодистість матеріалу, долі одиниці;

$w$  – вагова вологість матеріалу, долі одиниці;

$\rho_w$  - густина води;

$i_{mel}$  - питома теплота фазового переходу;

$\delta \cdot (\xi - T')$  - дельта функція Дирака;

$j_F$  - витрата повітря через одиницю поверхні охолодження,  $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ ;

$Q_{sou}$  - питома потужність джерел теплоти в огороженні,  $\text{Вт}/\text{м}^3$

$C_R$  - питома теплоємність повітря,  $\text{Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ ;

$C, \rho$  – відповідно питома теплоємність в  $\text{Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$  та густина матеріалів шарів огороження,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

## 1.2 Тепловтрати через світлопрозорі огороджувальні конструкції

У [4] зазначається, що в громадських будівлях на освітлення припадає від 30 до 45% всієї електроенергії, що споживається будівлею.

Рациональне використання природного світла - це один із способів економії електроенергії на штучне освітлення. Незважаючи на те, що сучасні матеріали дозволяють створювати світлопрозорі конструкції з підвищеним опором теплопередачі, вони залишаються основними джерелами теплових втрат до (40...45 %) в будівлі, а також мають високу вартість. Тому при будівництві та реконструкції споруд з метою ефективного використання енергоресурсів параметри застіння слід вибирати з урахуванням економії електротроенергії на штучне освітлення і скорочення витрат енергії на поновлення тепловтрат через світлові проєми взимку і кондиціонування для компенсації надлишкового надходження тепла через них влітку. Важливим завданням є пошук таких рішень, при яких тепловтрати через віконні отвори будуть мінімальні і не збільшать витрати на теплопостачання, а освітленість буде достатньою і не збільшить витрати на штучне освітлення.

Баланс компонентів сумарних енергетичних витрат дозволяє встановити для кожного конкретного випадку оптимальний по площі віконний отвір,

при якому енергетичні витрати на природне і штучне освітлення будуть мінімальні.

На рис. 1.1 показана залежність тепловтрат приміщення від площі заскленої поверхні для різних типів вікон (при побудові графіка був введений параметр  $a$  - відношення площі вікна до огорожувальної конструкції, і розглянуті крайові випадки: 0% - в приміщенні відсутня віконні отвори і 100% - віконний проріз займає всю площа зовнішнього огородження).

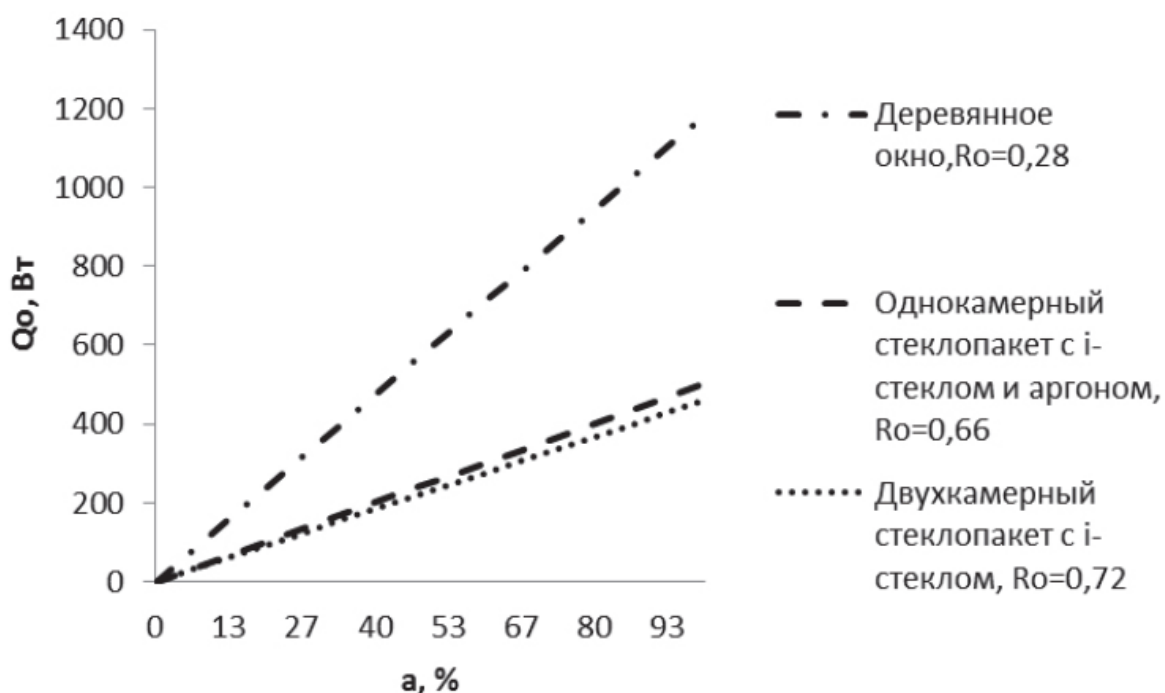


Рисунок 1.1 – Вплив площі віконного отвору і матеріалів на тепловтрати приміщення[4]

Порожнисті трубчасті світлопроводи (ПТС) дозволяють приймати природне світло на даху або на стінах будівлі і проводити його всередину за рахунок колінчастих ділянок труб, внутрішня поверхня яких покрита плівкою з високим коефіцієнтом відбивання (до 99,7%). На даху або стіні будівлі розташовується прийомний пристрій у вигляді купола, що використовує за основу лінзу Френеля, що дозволяє направляти дифузійне світло неба до осі труби для зменшення кількості відбивань світла між стінкою труби. Природне світло має наступні переваги: суцільний спектр, динаміка освітлення (день-



ніч), що відповідає «біологічному годиннику» людини, візуальний зв'язок з навколишнім середовищем, що добре впливає на психіку людини.

На рис. 1.2 видно, що теплопостачання через порожнистий трубчастий світлопровід істотно нижче, ніж через бічні вікна, оскільки порожнисті світловоди мають малу світлопрозору площу і малий коефіцієнт сонячного теплопритоку. Можна вважати, що загальний тепловий баланс приміщення не змінюється за рахунок теплопритоку від сонячної радіації через ПТС, що забезпечує зниження витрат на кондиціювання в літній період року [5].

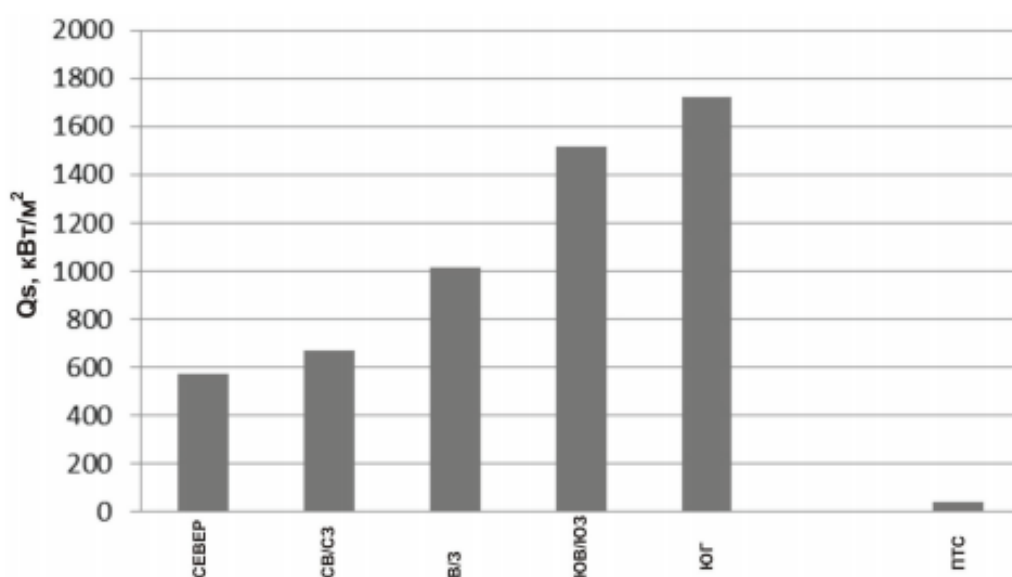


Рисунок 1.2 – Порівняння сумарних теплопритоків від сонячної радіації за опалувальний період через порожнистий світлопровід і боковий віконний отвір[5]

### 1.3 Системи опалення та кондиціювання будівель з використанням теплових насосів

Окрім загальновідомих переваг у використанні теплових насосів найвагомішою є можливість використання низькопотенціальних джерел тепла.

Досить не раціонально, з точки зору потенціалу, спалювати газ з температурою більше 1000 °С для нагріву приміщення до температури 20 °С.

В дослідженні [4], було оцінено систему обігріву приміщень, що використовує тепло стічних вод у якості джерела тепла для теплового насосу, яка була розроблена і встановлена в Ізмірі, Туреччина, та експериментально оцінена. Температури каналізаційних стоків, що використовувались, сягали близько (9...14) °С і (26...29) °С в зимовий та літній період, відповідно (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Температурний діапазон деяких низькопотенційних джерел тепла для теплових насосів [6]

Термічне низькопотенційне джерело	Температурний діапазон, °С		Різниця в порівнянні зі температурою стічних вод, °С	
	Зима	Літо	Зима (мін.)	Літо (макс.)
Повітря (навколишнє)	-10...-15	+26...+45	19	16
Підземна вода	+4...+15	+6...+18	5	11
Вода озер	0...15	+10...+20	9	9
Річкова вода	0...+15	+8...+18	9	11
Морська вода	+4...+15	+10...+25	5	4
Земля	0...+15	+10...+20	9	9
Міські стічні води	+9...+14	+26...+29	-	-

Аналіз даних у таблиці 1.1 показує, що стічні води для теплового насоса є більш ефективним низькопотенційним джерелом, ніж повітря або ґрунтові води. Тепловий насос, використовуючи стічні води може забезпечити нагрів і охолодження зі збільшенням ККД до 44% через більш низьку температуру конденсації і більш високу температуру випаровування теплоносія в контурі.

Дослідники прийшли до висновку, що стічні води, які вже використовуються в Північній Європі є ефективним джерелом і для Туреччини. При використанні стічних вод і сонячної енергії в комплексі, ефективність

нагріву та охолодження може бути збільшена. Передбачається застосування великомасштабних WWSHP (wastewater source heat pump) для нагрівання та охолодження муніципалітетів Ізміру (Туреччина).

#### 1.4 Системи підтримки нагріву та охолодження будівель

Одним із найбільш перспективних рішень для поточної енергетичної кризи є відновлення втраченої енергії. Дійсно, у багатьох енергетичних системах втрати енергії можуть перевищувати 60%. Іншими словами, у деяких випадках відновлення енергії настільки ж вигідно, як і пошук нового джерела енергії. Крім того, пошук нових концепцій відновлення енергії пропонує більш широкі горизонти для зменшення енергоспоживання.

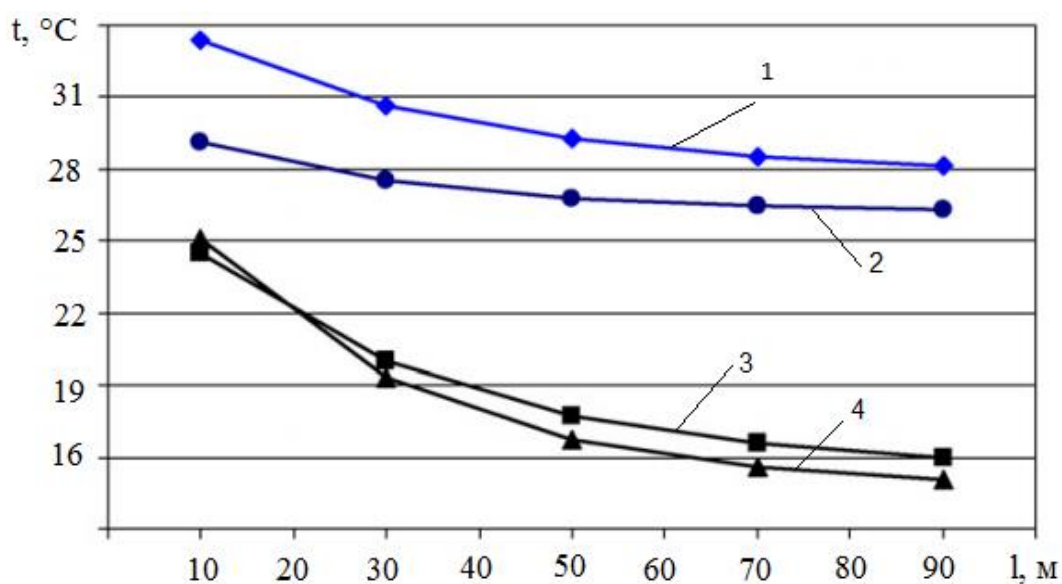
Впродовж останніх років все більше уваги приділяється автономним системам нагріву та охолодження. Одна з таких систем є досить простою. Суть полягає в тому, що в землю вмонтовується труба, виготовлена із пластмаси, чи металу. Коли повітря проходить через трубу воно віддає або одержує деяку кількість теплоти з навколишнього ґрунту, і надходить до кімнати, де відповідно підігріває чи охолоджує приміщення в залежності від пори року.

В роботі [7] було розглянуто потенціал таких систем для підтримки охолодження або нагріву будівель.

У даній роботі описується алгоритм для моделювання підземних трубок і верифікується із даними інших досліджень.

Досліджувався вплив ключових факторів на температуру на виході з системи, таких як діаметр, довжина труб, швидкість повітря, глибина розміщення труб.

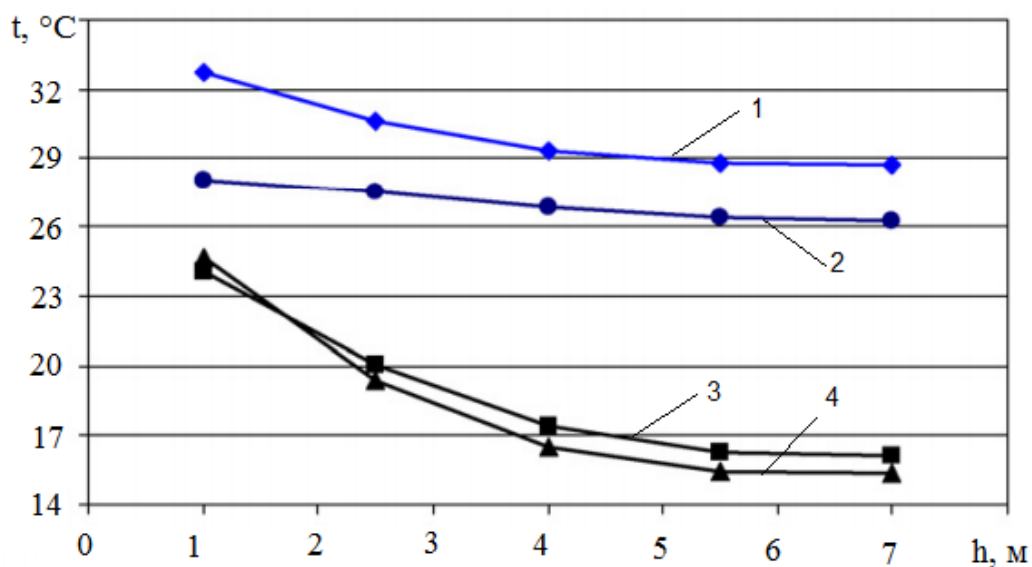
З рис. 1.3 видно, що для міста Спокену (клімат схожий до України) і м. Піорії в діапазоні (50...70) м температура практично не змінюється, це свідчить про оптимальні значення довжини труб. Міста Кі-Вест та Піорія мають більш вологий ґрунт, ніж Спокен і Фінікс (США).



1 – Фінікс; 2 – Кі-Вест; 3 – Спокен; 4 – Піорія

Рисунок 1.3 – Залежність температури на вході в будівлю від довжини турби[8]

На рис. 1.4 зображено залежність температури на вході в приміщення від глибини залягання труби. Бачимо що для різних міст діапазон зміни температури різний, оптимумом для Спокену є довжина труби в 5 м.



1 – Фінікс; 2 – Кі-Вест; 3 – Спокен; 4 – Піорія.

Рисунок 1.4 – Залежність температури на вході в будівлю від глибини залягання труби[8]

Авторами виявлено, що глибоко розміщена труба з більш низькою швидкістю повітря і меншим радіусом призводить до зниження температури на виході. Проте, для кожного індивідуального випадку, варто враховувати вартість встановлення системи, довжину труб, діаметр та інші фактори.

Дослідники відзначають, що дана система більш ефективна для систем кондиціонування, але може використовуватись, як система попереднього підігріву повітря взимку, коли температура зовнішнього повітря нижче, ніж температура землі. Також вказується, що на ефективність системи суттєво впливає місцевий клімат та погодні умови.

Зазначається, що при правильному проектуванні підземної трубки можна досягти економії більш ніж 50 % від загального теплового навантаження у розглянутих випадках, в залежності від погоди і температури ґрунту. Хоча самостійно підземні трубки не можуть замінити традиційну систему кондиціонування повітря для даного варіанту, проте є можливість значно знизити навантаження для охолодження в будинках [8].

### 1.5 Термоактивні системи будівель

Принцип роботи термоактивних систем будівель (ТАСБ) заснований на тепловій інертності будівель. «Активний» елемент комбінованої системи охолодження або нагріву працює за рахунок вбудованих труб в структурних бетонних плитах будівлі. При цьому в трубах може протікати холодна підземна вода, охолоджена вода для підтримки системи кондиціонування або навіть повного заміщення. Взимку ці системи можуть бути використані для підігріву бетонних конструкцій з використанням низькопотенційних джерел тепла. ТАСБ (TABS) працюють при температурах, близьких до температури навколишнього середовища, що полегшує інтеграцію поновлюваних джерел енергії.

Основні переваги систем TABS:

- потреба в охолодженні розподіляється на більш тривалий період в денний час і частково зсувається з денного часу на нічний. Це дозволяє зменшити пікові навантаження і використовувати установки кондиціонування повітря меншої потужності.
- відмова від підвісних стель дозволяє зменшити висоту будівлі, забезпечуючи істотну економію будівельних матеріалів.
- можна використовувати системи опалення або охолодження з температурами, близькими до кімнатної. Це підвищує енергоефективність теплових насосів, конденсаційних котлів, сонячних колекторів, ґрунтових теплообмінників.
- для охолодження можна використовувати нічне провітрювання.
- низька вартість монтажу, експлуатації та технічного обслуговування.

У статті [9] представлено результати математичного моделювання, порівнявши використання первинної енергії і продуктивність вентиляції за сприяння термоактивного будівництва в порівнянні зі звичайними системами в офісній будівлі для континентального клімату міста Омаха, штат Небраска (США) з вираженими періодами нагріву і охолодження. ТАСБ для опалення здійснюється з використанням геотермального теплового насоса і для охолодження з використанням геотермального теплообмінника без додаткового циклу стиснення робочого тіла. Було встановлено, що координація ТАСБ і традиційної системи має вирішальне значення, тобто, температура припливного повітря і температура активного шару сильно впливає на продуктивність системи в цілому. Невеликий внесок ТАСБ в підтримку обігріву показує необхідність адаптації конфігурації вентиляційної системи до ТАСБ. Основна енергоємність  $189 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$  була зафіксована для випадку ТАС (термоактивної системи); на відміну від цього, звичайна система кондиціонування споживає  $229 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$ , тобто різниця в 20%. Можна спостерігати явні переваги ТАС щодо теплового комфорту: під час літніх

періодів охолодження, радіаційна температура корпусу ТАС в середньому на 2 °С нижче, ніж для традиційної системи.

На підставі цих результатів, використання традиційної вентиляції в поєднанні з термоактивними конструкціями, є досить перспективною альтернативою традиційним системам, пропонуючи як значну економію первинної енергії, а також теплові переваги комфорту, що надаються ТАС та поєднуються з низькопотенціальним ексергетичним нагрівом і охолодженням.

Важливі фактори, що визначають опалювальну і охолоджуючу здатність панельно-променистих систем:

- коефіцієнт теплообміну між поверхнею і приміщенням, прийнятна мінімальна і максимальна температура поверхні, заснована на вимогах комфорту;
- температура точки роси в приміщенні і інтенсивність теплопередачі між трубами і матеріалом плити.

Інтенсивність теплообміну залежить від орієнтування поверхні і її температури відносно температури приміщення (відповідно при опаленні або охолодженні). Коефіцієнт променистого теплообміну в більшості випадків становить приблизно 5,5 Вт/(м<sup>2</sup>·°С), коефіцієнт конвективного теплообміну буде залежати від багатьох факторів[10].

Завдяки високій інерційності систем ТАСБ температура приміщення буде змінюватися в межах, що не порушують комфортний стан теплового режиму приміщення. У роботах [11] та [12] показано, що люди сприймають зміну температур всередині комфортного діапазону як прийнятну, якщо її рівень не перевищує 4 °С/год. У звичайних випадках в будівлях з системою TABS величина температурного дрейфу становить (0,5...1,0) °С/год.

ТАСБ не впливає на вологісний стан внутрішнього повітря, проте перевага даних систем полягає в тому, що в будівлях з TABS вентиляційна система розраховується для асиміляції шкідливих умов (в тому числі вологості, концентрації CO<sub>2</sub> в повітрі, але не надлишків тепла), а температурний режим приміщень забезпечується системою TABS, за рахунок чого необхідна

продуктивність системи вентиляції може бути знижена. Оскільки необхідна температура води, що циркулює в системі TABS, в більшості випадків не перевищує  $+19\text{ }^{\circ}\text{C}$ , у багатьох випадках для охолодження приміщень також можна використовувати провітрювання шляхом відкривання вікон і природну вентиляцію, особливо в нічний час.

Щоб уникнути конденсації на поверхні або всередині конструкції необхідно контролювати температуру поверхні і вміст вологи в повітрі. Один з методів - це встановити нижню межу температури води, що подається рівною температурі точки роси. Продуктивність системи променистого охолодження також можна збільшити, якщо система вентиляції забезпечує осушення повітря.

В даному розділі було розглянуто питання термостабілізації будівель. Сформовано математичну модель для приміщення. Описано системи термоактивних конструкцій, що застосовуються, визначено їх слабкі та сильні сторони. Розглянуто інші методи «пасивних» систем охолодження, визначено, що як основні системи кондиціонування їх в повній мірі застосовувати не є техніко-економічно доцільним, проте, як доповнюючі системи для міжсезоння необхідно брати до уваги.

Описано систему теплопостачання із застосуванням теплового насосу та низькопотенційним джерелом (каналізаційні стоки). Ця система дозволяє досягти більшої ефективності використання випарно-конденсаційного циклу, за рахунок роботи з меншою різницею температур між подаючою лінією теплового насосу та температурою низькопотенційного джерела.



## 2 СИСТЕМА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ

### 2.1 Теплогідравлічні схеми теплопостачання будівель

Для забезпечення температурного режиму будівлі доцільно застосовувати систему, яка одночасно може виконувати функції як опалення так і кондиціонування. Оскільки при використанні такої системи знижуються капітальні витрати на обладнання, що встановлюється.

Однією з таких систем є термоактивні конструкції (рис. 2.1).

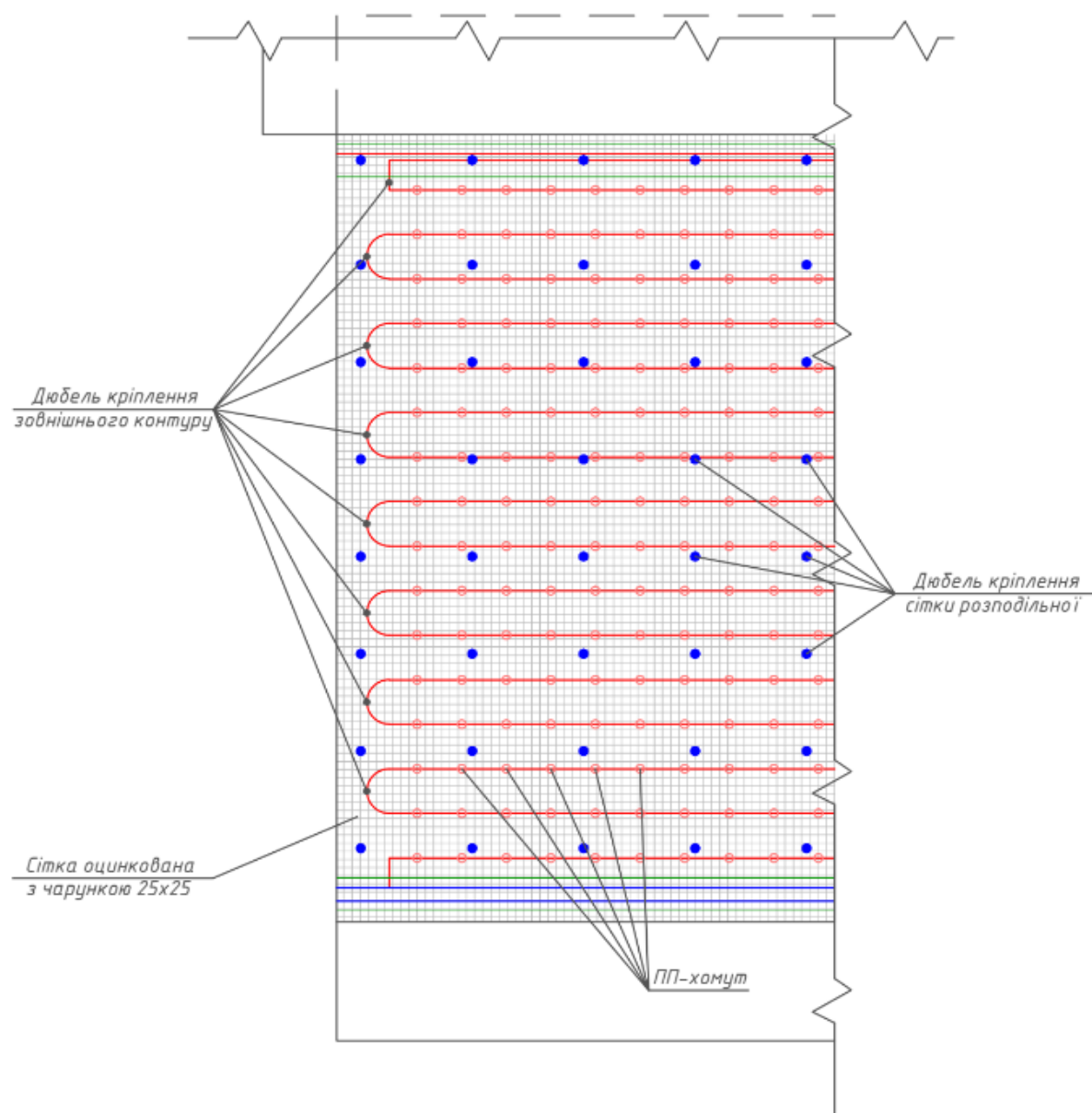


Рисунок 2.1 – Загальний вид термоактивних конструкцій

В поперечному перерізі термоактивна система утеплення опалення зображена на рисунку 2.2.

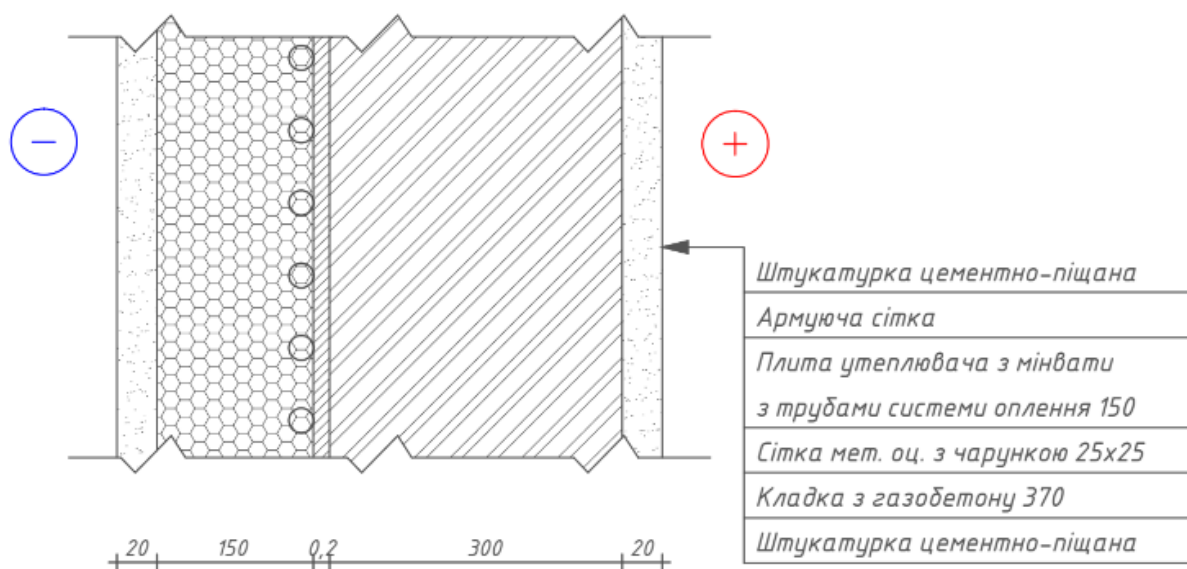


Рисунок 2.2 – Вузол утеплення стін

Дана система є оптимальним рішенням для реконструкції застарілих систем опалення, оскільки немає необхідності замінювати старі системи на нові, це досить актуально для багатоповерхівок, що були збудовані (40...50) років тому. При цьому вирішується фактично декілька важливих питань, серед яких, збільшення опору теплопередачі орогоджуючих конструкцій. Як наслідок – приведення будівель до існуючих норм енергоефективності. Вирішується питання опалення та кондиціонування за рахунок того, що гріючі контури розташовуються ззовні. Фактично виключено утворення конденсату на межі утеплювач-стінка. Що в свою чергу дозволяє уникнути утворення грибків. Також гідрофільні властивості більшості мінераловатних утеплювачів можна не враховувати, оскільки, опалювальні контури системи в зимовий період мають температуру, що апіорі вище, ніж температура ззовні. Цим самим дозволяється уникнути намокання утеплювача, що призводить до збільшення теплопровідності, тобто зменшення сумарного опору теплопередачі і збільшення тепловтрат.

На рисунку 2.3 зображено принципову схему роботи системи із застосуванням акумуляції теплової енергії. Роль акумулятора в системі полягає в досягненні можливості нічного споживання електроенергії за зниженим тарифом, та подальше застосування в денний період. Акумулятор підбирається залежно від теплоспоживання будівлі так, щоб його об'єму вистачило на покриття розрахункового навантаження системи. Важливим аспектом для такого схемного рішення є теплова інерція будівель, що дозволяє досягти напрацювання системи близько 10 годин на добу.

Особливістю застосування даних систем є обов'язкове влаштування реверсивної циркуляції контурів. Оскільки, в разі відсутності обов'язково з'являються зони перегріву та недогріву системи, тобто утворюється суттєвий градієнт температур, якого потрібно уникати. Іншим методом рішення цієї проблеми є застосування «равликової» схеми укладання труб, але за рахунок цього суттєво збільшується довжина трубопроводів, що також підвищує вартість системи. Тому на практиці застосовують тип укладання «змійка» та реверсивну циркуляцію теплоносія.

На рисунку 2.4 зображено принципову схему системи із застосуванням в якості джерела тепла теплового насоса та сонячних колекторів.

В даній схемі реалізовано максимальну ефективність використання сонячної енергії. В літній період сонячні колектори забезпечують гаряче водопостачання. В міжсезонний період та зимою є можливість акумулювати тепло для низькотемпературної системи опалення. Також, коли температури, що можуть бути отримані від сонячного колектора досить низькі, більш доцільно використати цю низькопотенційну енергію для підігріву випарника теплового насоса, при цьому досягається збільшення COP. При поєднанні цього схемного рішення з низькотемпературними системами термоактивних конструкцій досягається найменше споживання електроенергії тепловим насосом, оскільки маємо низьку температуру подачі на систему опалення (до 25...28 °C) та відносно високу температуру на випарнику теплового насоса (до 15 °C).

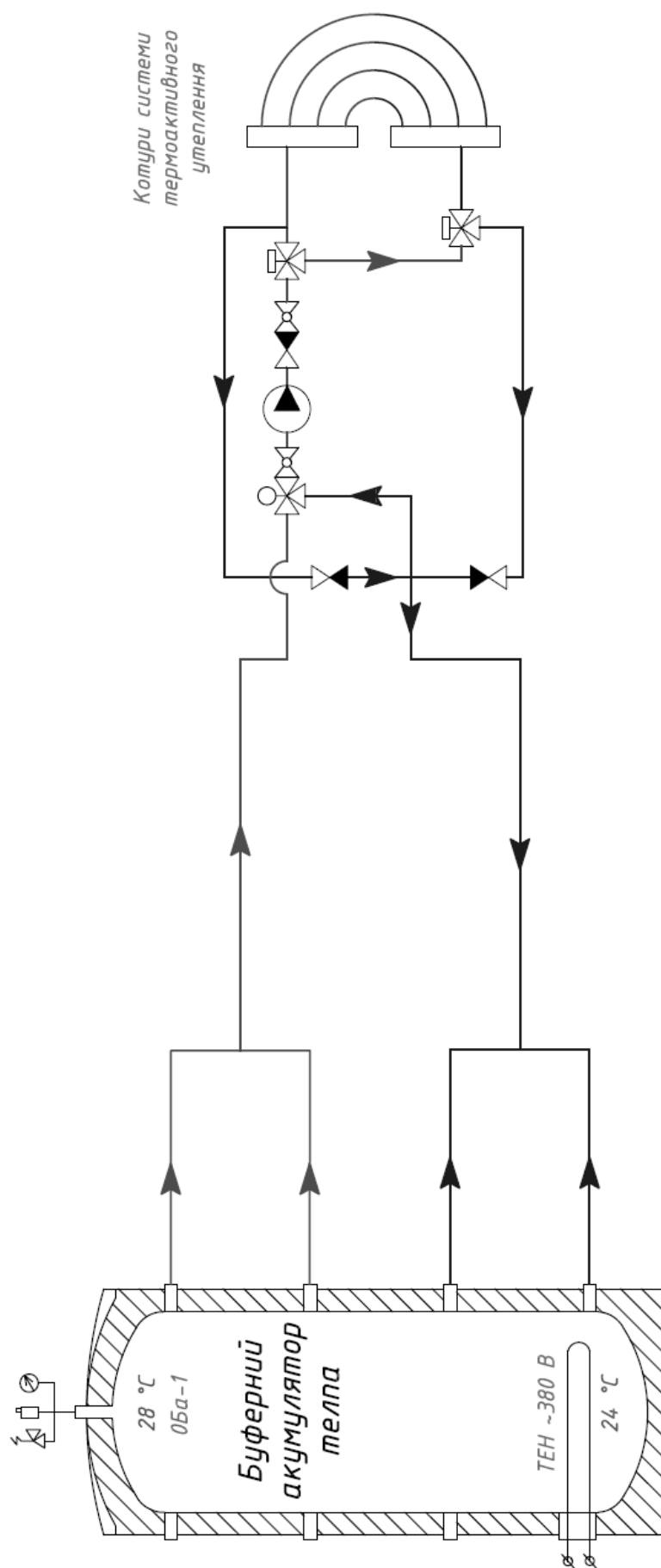


Рисунок 2.3 – Теплогідравлічна схема роботи системи термоактивного утеплення

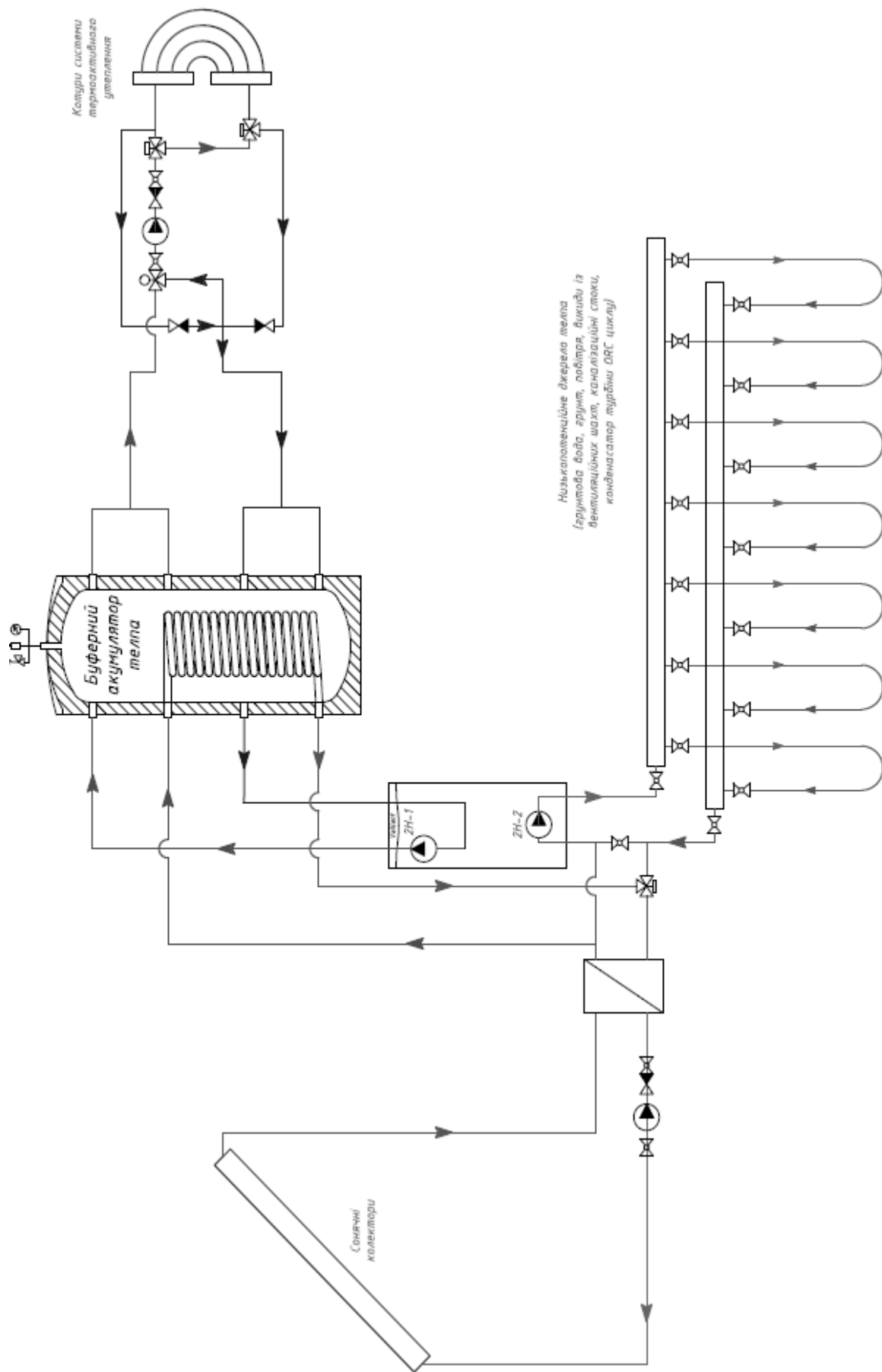


Рисунок 2.4 – Теплогидравлічна схема системи тепlopостачання будівлі із застосуванням альтернативних джерел

Перевагою схеми, яка представлена на рис. 2.4 є те, що більшість теплових насосів, при наявності у них чотирьохходового клапану, який виконує функцію зміни напрямку проходження зворотнього циклу Карно мають змогу працювати як на опалення, так і на охолодження. При цьому, якщо засосовано тепловий насос типу ґрунт-вода, є можливість використання так званого «пасивного» холоду землі. Тобто є змога отримувати теплоносії з температурою 10 °С протягом певного періоду року. Що повністю є достатнім для ефективної роботи систем термоактивного утеплення.

Якщо ж в якості низькопотенційного джерела теплоти використано повітря, і можливість використання «пасивного» холоду відсутня, все одно ефективність кондиціювання за допомогою теплового насосу на високому рівні за рахунок невеликого перепаду між температурами на випарнику та конденсаторі теплового насосу. При цьому EER (Energy Efficiency Ratio) сягає значень в 7...8 на відміну від застосування із звичайною системою кондиціювання, де цей показник не перевищує в середньому 3,5.

Схемне рішення передбачає відокремлення гріючих контурів по різних фасадам будівель. Це дозволяє змінювати температурний напір в залежності від орієнтації по сторонам світу, тобто збільшити тепловий потік з північної сторони, та зменшити його із боку сонячної інсоляції. При виборі методу укладання трубопроводів (рис.2.5) надають перевагу схемі за Тихельманом (з попутним рухом теплоносія), використовуюючи її основну перевагу – однакову витрату теплоносія в кожному контурі системи за рахунок однакової довжини контурів, як наслідок – однакового гідравлічного опору. Це дозволяє уникнути значних градієнтів температур, особливо коли застосовується реверсивна схема циркуляції із певним гістерезисом переключення, що для кожної будівлі визначається експериментальним шляхом.

Використання даної системи дозволяє досягти коефіцієнту тепловіддачі від внутрішньої поверхні огороджувачих конструкцій приміщення, що сягає

(5...9) Вт/(м<sup>2</sup>·°C), тому доцільно застосовувати систему в будівлях із відсотком скління, що менше 50 %.

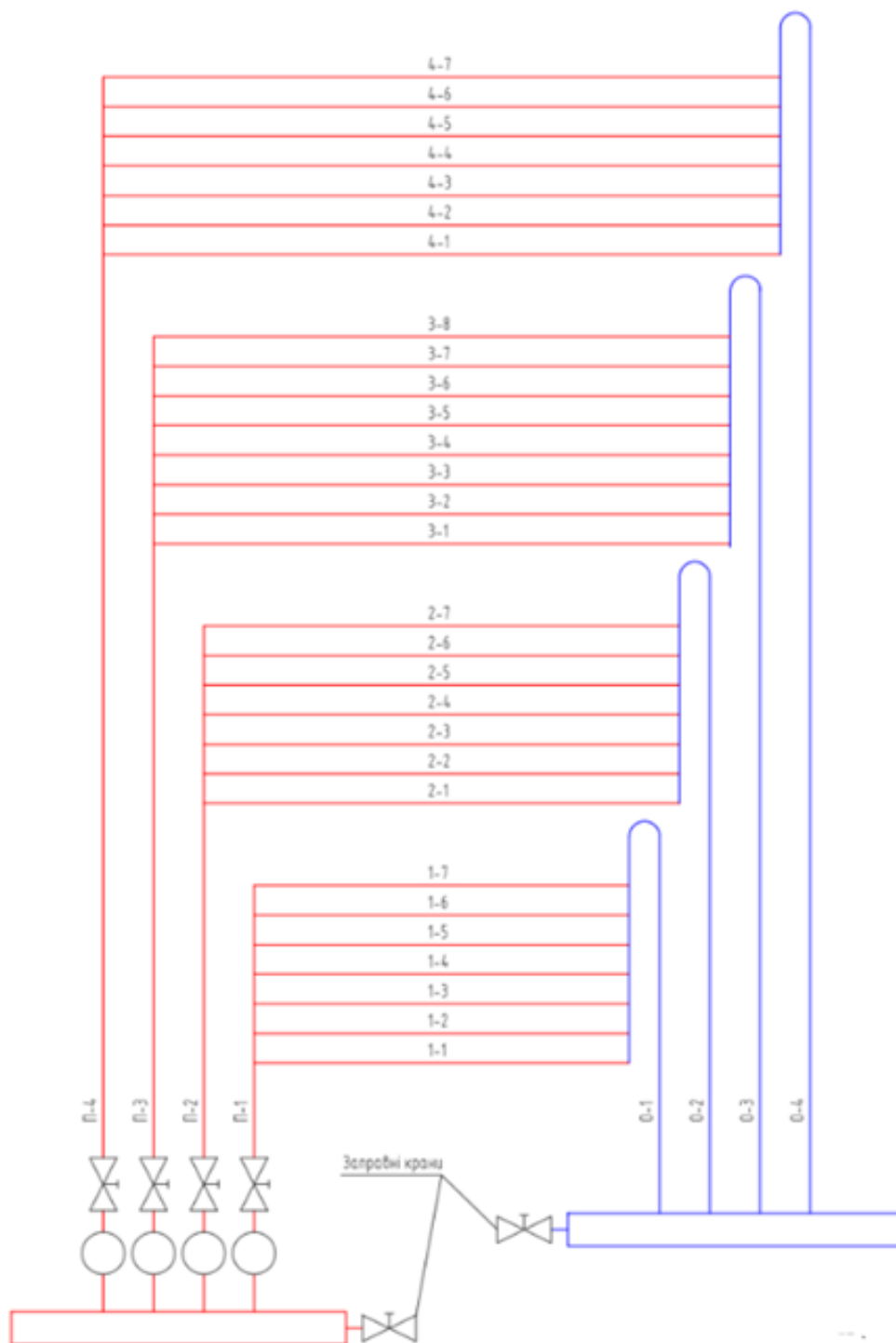


Рисунок 2.5 – Принципова схема підключення гріючих контурів

На рисунку 2.3 та 2.4 зображено схеми із застосування буферного акумулятора теплоти. Його роль в загальній системі термостабілізації – це мінімізація часу роботи теплового насосу в час «дорогої електроенергії». Тобто

він підбирається таким чином щоб теплової енергії, що акумулюється було достатньо для роботи системи протягом дня без ввімкнення джерела теплоти (теплового насосу чи електронагрівача).

Існує концепція відмови від такого роду заходів (щодо акумуляції теплоти), підґрунтям для якої є суттєва тепла інерція системи термоактивного утеплення опалення. При цьому тепловим акумулятором являються самі огорожуючі конструкції будівлі. Але оскільки оцінка теплового стану та ступеню інерційності такого роду рішення є складною задачею нестационарного теплообміну, вона в даній роботі не розглядалась.

## 2.2 Повітряна система обігріву

Для покриття теплових навантажень в будівлях із високим відсотком скління доцільно застосовувати повітряну систему опалення. Вона ефективно поєднується із використанням інерційних систем, адже дає змогу швидко обігріти приміщення. Тобто в якості догріву до основної системи застосовуються повітряні сонячні колектори для підігріву повітря. Оскільки сонячних днів в опалювальний сезон не так багато, доцільно застосувати тепловий акумулятор із фазовим переходом для можливості акумулювання надлишкового тепла від Сонця та регуляризації роботи системи нагріву повітря на нічний період часу, що дозволяє зменшити споживання електроенергії. При використанні теплового насосу типу повітря-повітря, можна додатково зменшити електроспоживання в 3 рази.

В контексті застосування системи термоактивного утеплення опалення постає питання швидкого нагріву приміщення, оскільки запропонована система інерційна і різко збільшити температурний режим за короткі періоди часу немає можливості. Система автоматизації працює за алгоритмами пониження температури в період відсутності людей в будівлі. Для ефективного та швидкого догріву чи доохолодження приміщення до оптимальних температур доцільно застосувати систему, схема якої зображена на рисунку 2.6.



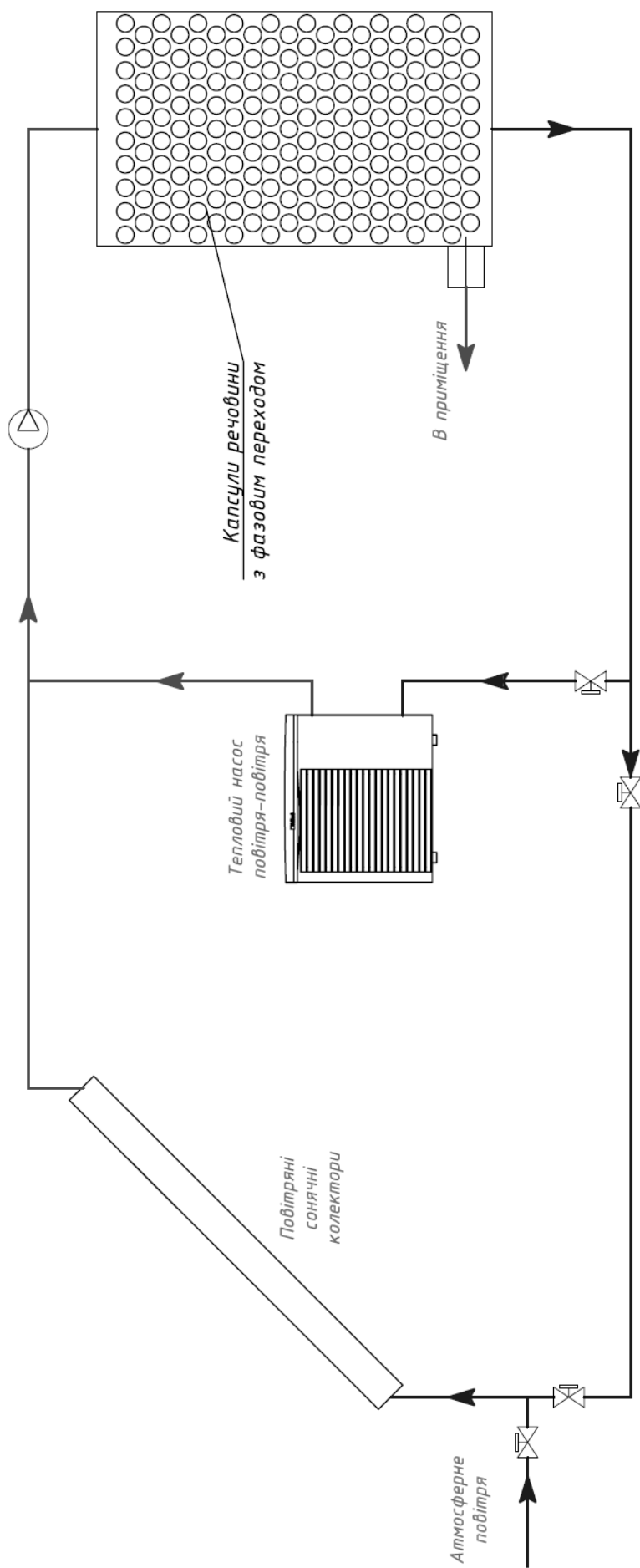


Рисунок 2.6 – Теплоаеродинамічна схема роботи системи повітряного опалення-охолодження

Схему роботи системи повітряного охолодження-опалення з використанням акумулятора тепла. В якості теплоакумулюючої речовини використовуються переважно органічні речовини з відносно низькою температурою фазового переходу (гідратовані солі, парафіни, жирні кислоти), що знаходяться в капсулах з металевією оболонкою. Об'єм теплоакумулюючої речовини залежить від теплового навантаження будівлі. Акумулятор зазвичай улаштовують в центральній частині будівлі, рівномірно розподілюючи капсули по висоті та ширині будівлі, це дозволяє шляхом встановлення вентиляторів на кожному з поверхів регулювати температуру в приміщеннях. Теплонадходження в акумулятор здійснюються в нічний період часу від теплового насосу типу повітря-повітря. Додатково встановлюються повітряні сонячні колектори, що в сонячні дні підігрівають теплоаккумулятор. При цьому вартість повітряного колектору значно нижче ніж звичайного.

Проблемою реальної термомодернізації в Україні на сьогоднішній день є відсутність, або неробочий стан системи вентиляції з механічним спонуканням громадських будівель. Застосування виключно природньої вентиляції не є достатнім для більшості випадків, через присутність людського фактору впливу та фізична відсутність можливості забезпечення достатньої кратності циркуляції.

Дана система дозволяє поєднати опалення та вентиляцію в одну систему, що також є економією в контексті капітальних витрат. Якщо ж встановити рекуператор повітря можна досягти ще більшої ефективності для даної схеми.

В даному розділі було описано систему термоактивного утеплення, проаналізовано схеми систем тепlopостачання та запропоновано кілька варіантів схемних рішень для забезпечення поставленої задачі. Було розглянуто як найпростішу схему системи теплозабезпечення (рис. 2.3) так і більш досконалу (рис. 2.4) що дозволяє значно заощадити на термостабілізації будівель. Показано також принципову схему розподілення нагрівальних контурів по фасаду будівлі. Представлено також схему (рис. 2.6) що дозволяє

швидко та ефективно забезпечити догрів приміщення, або може бути використана в доповнення до існуючої системи термостабілізації.

### 3 МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ АКТИВНОГО УТЕПЛЕННЯ ОПАЛЕННЯ ТА ОХОЛОДЖЕННЯ

#### 3.1 Геометричні та теплотехнічні параметри будівлі

Об'єкт для якого проводилося моделювання – поточна частина корпусу № 5 Національного Технічного Університету України «Київського Політехнічного Інституту імені Ігоря Сікорського». У якості конструктиву будівлі прийнято цементно-піщану кладку товщиною 200 мм, ззовні покритою шаром цементно-піщаної штукатурки товщиною 30 мм.

Для пропонованої системи додається шар утеплювача з фасадних мінеральних плит товщиною в 150 мм. Лише за рахунок утеплення вже досягається зменшення тепловтрат на 25 %.

У таблиці 3.1 надано розрахункові параметри об'єкту, що моделюється.

Таблиця 3.1 – Розрахункові параметри об'єкту, що моделюється

Параметр	Значення
Загальна площа, м <sup>2</sup>	2061,3
Об'єм, м <sup>3</sup>	11800
Щільність людей, людей/м <sup>2</sup>	0,2
Людська активність (коефіцієнт 1,0 для чоловіків; 0,85 для жінок)	123 Вт/людину
Тепловтрати частини корпусу із стандартною системою опалення, кВт	280,37
Тепловтрати частини корпусу із застосуванням системи, що пропонується (значення зменшується за рахунок застосування утеплювача), кВт	212,21

Час перебування у будівлі людей з 8:00 до 18:00, 5 днів на тиждень.

На рисунку 3.1 зображено геометричну модель частини будівлі, що досліджувалась.



Рисунок 3.1 – Геометрична модель частини будівлі

У таблиці 3.2 та 3.3 представлено параметри, при яких проводився розрахунок тепловтрат через огорожувальні конструкції. Також було попередньо задано графік підтримки приміщень в заданих діапазонах температур.

Номінальні температури приміщень підтримувались в період з 08:00 год до 18:00, тобто повного робочого дня. В період з 18:00 до 08:00 відбувається вимкнення системи термостабілізації приміщень. (При цьому система генерації теплоти працює лише на тепловий акумулятор, без розподілення теплового навантаження по будівлі).

У вихідні та святкові дні відбувається зниження температури в приміщенні до  $+12^{\circ}\text{C}$  в період опалення та підвищення до  $+28^{\circ}\text{C}$  в період кондиціонування приміщень.

В період необхідності кондиціонування приміщень система працює за зворотною логікою та виконує аналогічні функції.

Таблиця 3.2 – Параметри системи [13]

Розрахункова температура	Номінальна (підвищена оптимальна), °C	В період відсутності людей, °C
Нагріву	+21	+12
Охолодження	+24	+28

Дані з таблиці 3.3 було прийнято згідно з розрахунком в програмі EnergyPlus.

Таблиця 3.3 – Ефективність роботи систем.

Сезонна ефективність роботи системи	Стандартної (ККД)	Що пропонується (COP/EER)
Нагріву	0,85	7
Охолодження	-	6

У таблиці 3.4 наведено значення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій для існуючої будівлі та після проведення модернізації.

Таблиця 3.4 – Опір теплопередачі огорожувальних конструкцій

з/п	Вид огорожувальної конструкції	Мінімально допустиме значення $R_{q\ min}$ (м²·К)/Вт, для I температурної зони [13]	Значення до модернізації, (м²·К)/Вт	Значення після модернізації, (м²·К)/Вт
1	Зовнішні стіни	3,3	2,48	4,49
2	Суміщені покриття	6,0	3,6	6,66

Продовження таблиці 3.4

3	Горищні перекриття неопалювальних горищ	4,95	3,56	3,56
	Світлопрозорі огороджувальні конструкції	0,75	0,61	0,61
	Зовнішні двері	0,6	0,6	0,6

### 3.2 Алгоритм роботи з програмою та умови дослідження

Для дослідження температурного стану будівлі із застосуванням системи термоактивного утеплення було використано програмний модуль EnergyPlus із інтерфейсом DesignBuilder. На рисунку 3.2 показано структуру роботи програми EnergyPlus.

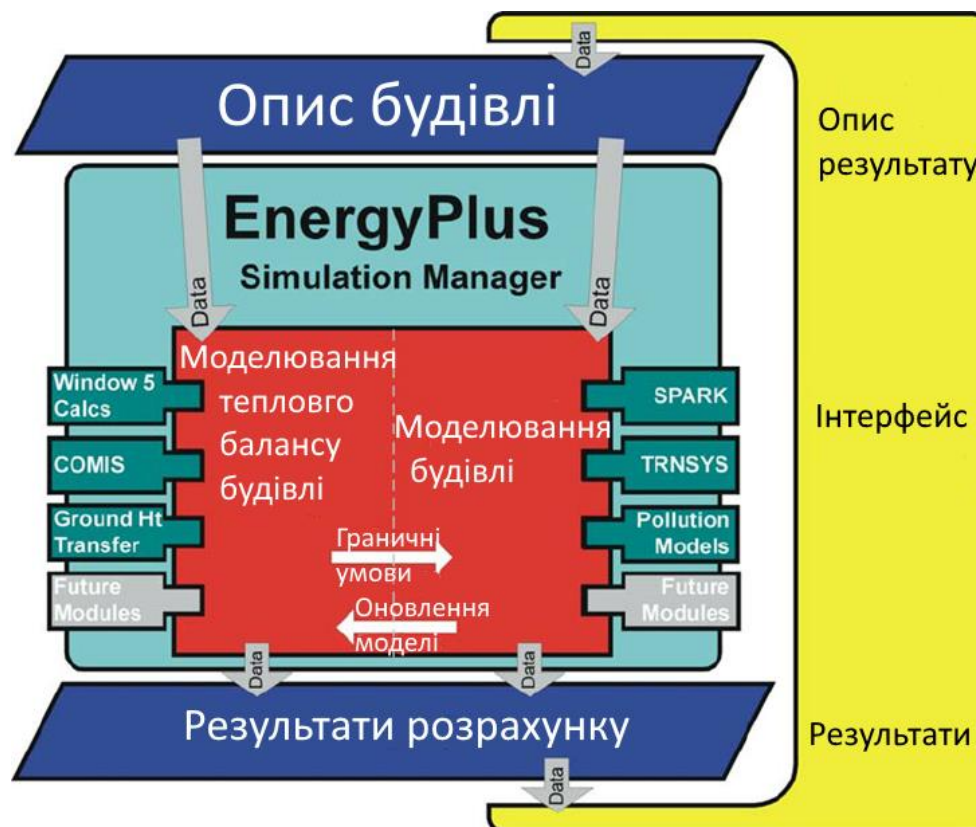


Рисунок 3.2 – Структура роботи програми EnergyPlus

Ключовим завданням при роботі з програмою є створення (вибір) шаблону розрахунку для певних параметрів будівлі, таких як температурні режими, графік підтримання температур, погодинні програми регулювання, активність людей, кількість джерел теплоти та режими їх роботи, наявність вентиляції приміщень (природна та (або) механічна, кратність повітрообміну. Було враховано також орієнтацію згідно сторін горизонту та сонячну інсоляцію через світлопрозорі огорожувальні конструкції.

Задавалися постійні граничні умови другого роду на поверхнях:

- температура внутрішньої поверхні стін, що межують із навколишнім середовищем  $+23\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- температура світлопрозорих огорожувальних конструкцій  $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- температура зовнішньої поверхні перекриття дорівнює температурі зовнішнього середовища (в заданий період часу визначене значення температури).

При симуляції роботи системи в режимі кондиціонування задавалися наступні граничні умови:

Температура внутрішньої поверхні стін, що межують із навколишнім середовищем  $+18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

- температура світлопрозорих огорожувальних конструкцій  $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- температура зовнішньої поверхні перекриття дорівнює температурі зовнішнього середовища (в заданий період часу визначене значення температури);
- розрахункова температура навколишнього середовища зображена на рисунку 3.3;
- рівень сонячної інсоляції та її вклад визначався згідно даних, наданих Всесвітньою метеорологічною асоціацією [2] та зображено на рис. 3.4, 3.5;
- швидкість вітру та атмосферний тиск (м. Київ) відображено на рисунках 3.6 та 3.7 відповідно [2];
- розподіл середньодобової температури сухого термометра зображено на рисунку 3.8 [2].



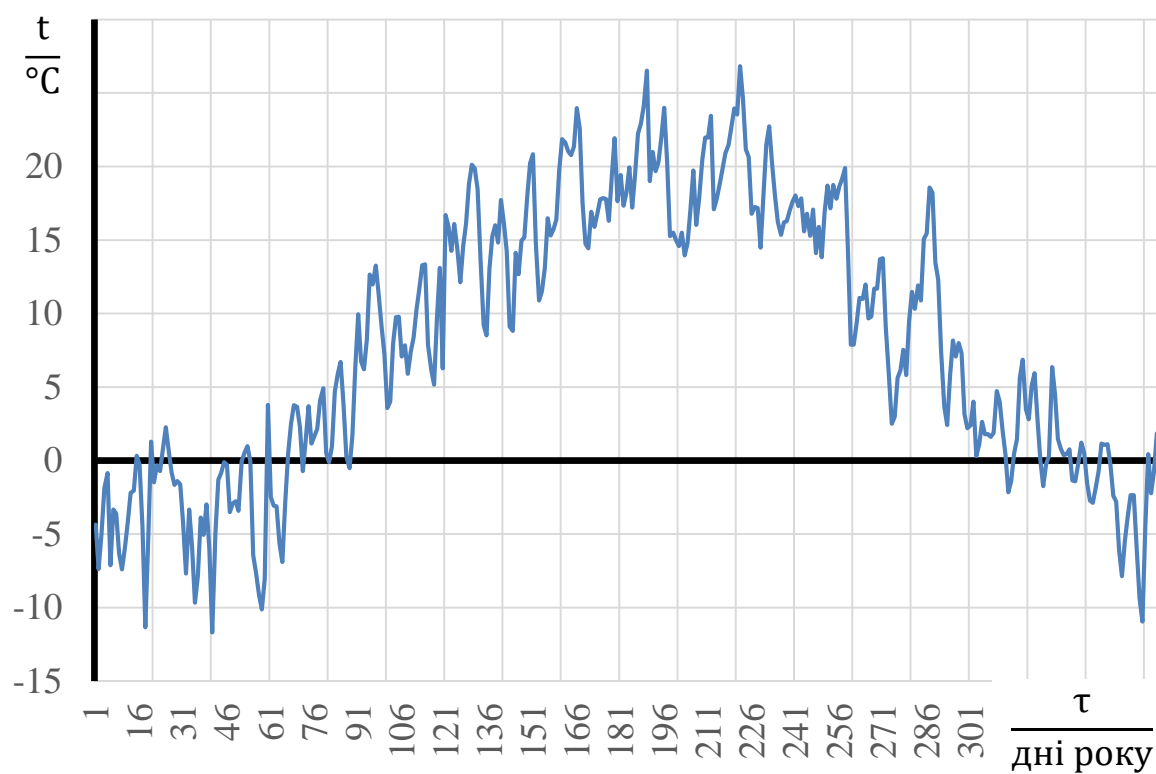


Рисунок 3.3 – Розподіл температури зовнішнього повітря (середня за добу) протягом 2016 року

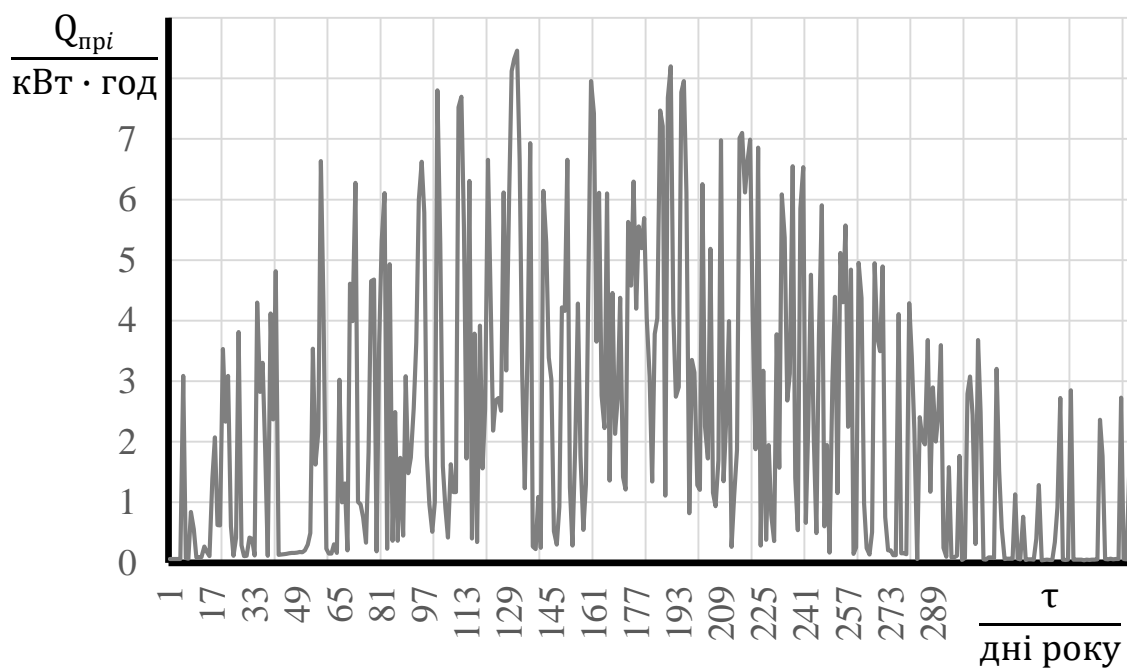


Рисунок 3.4 – Розподіл потужності прямої сонячної інсоляції протягом 2016 року

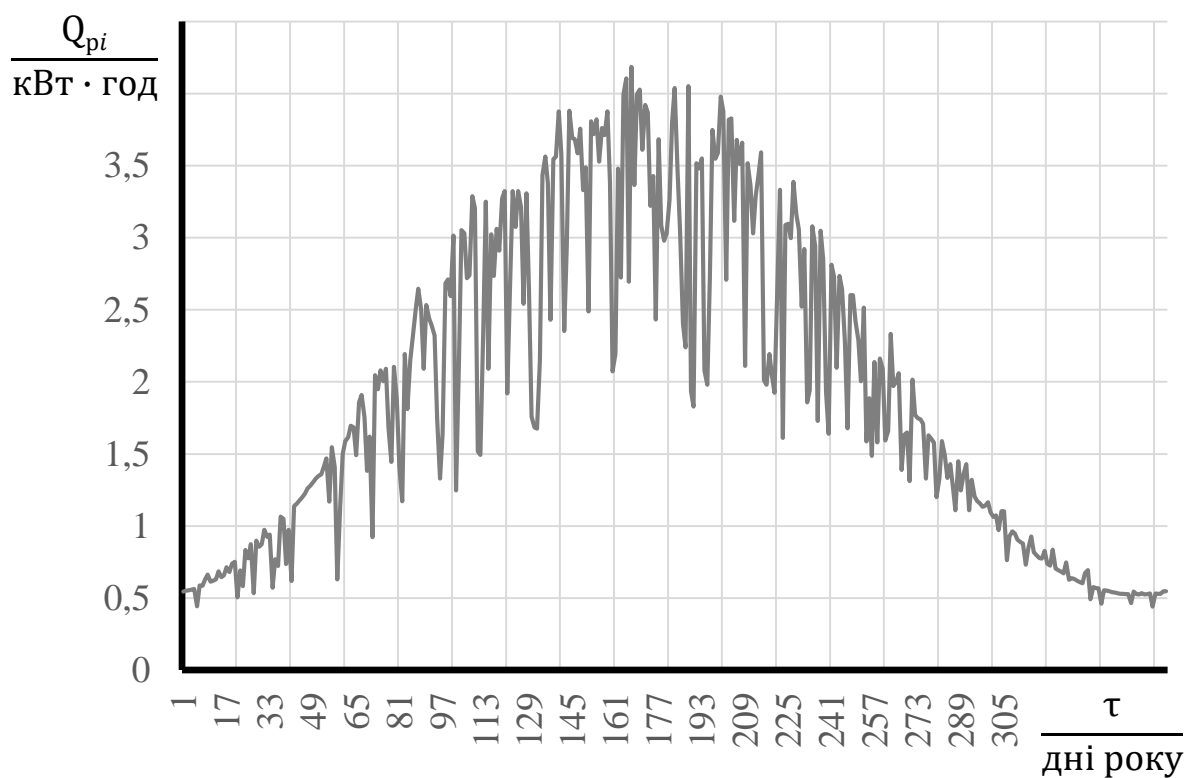


Рисунок 3.5 – Розподіл потужності розсіяної сонячної інсоляції протягом 2016 року

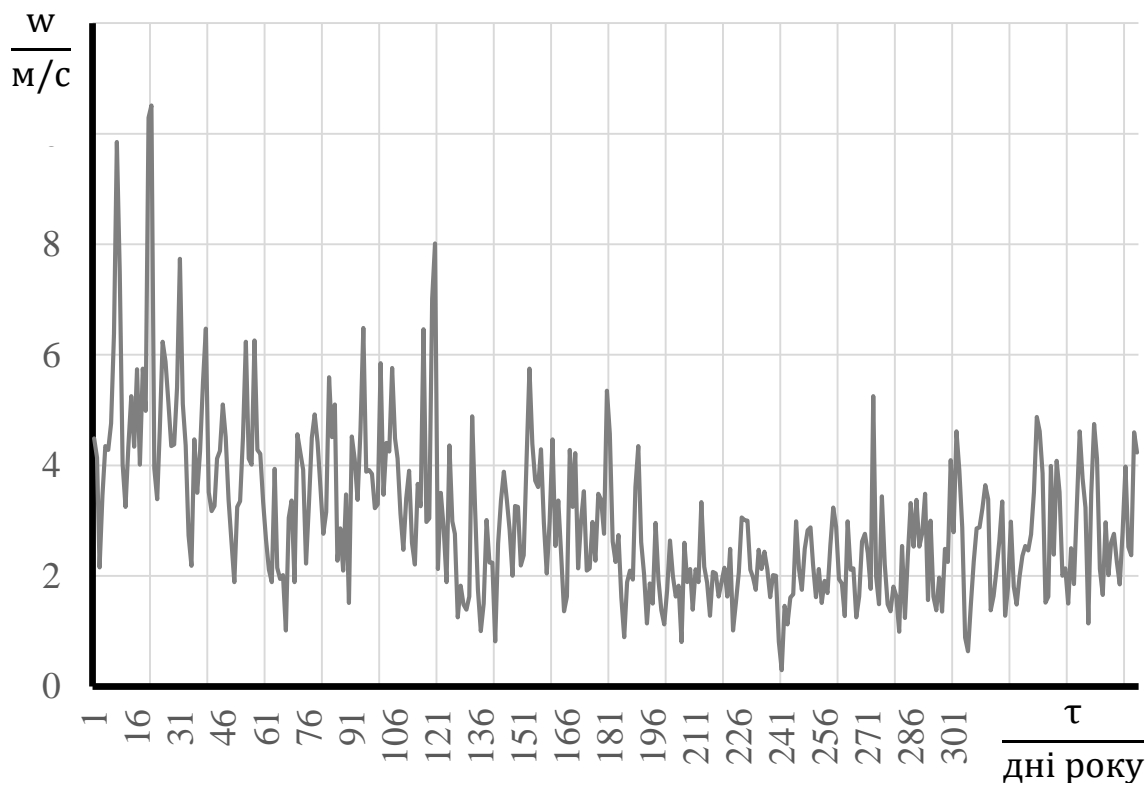


Рисунок 3.6 – Розподіл швидкості вітру протягом 2016 року

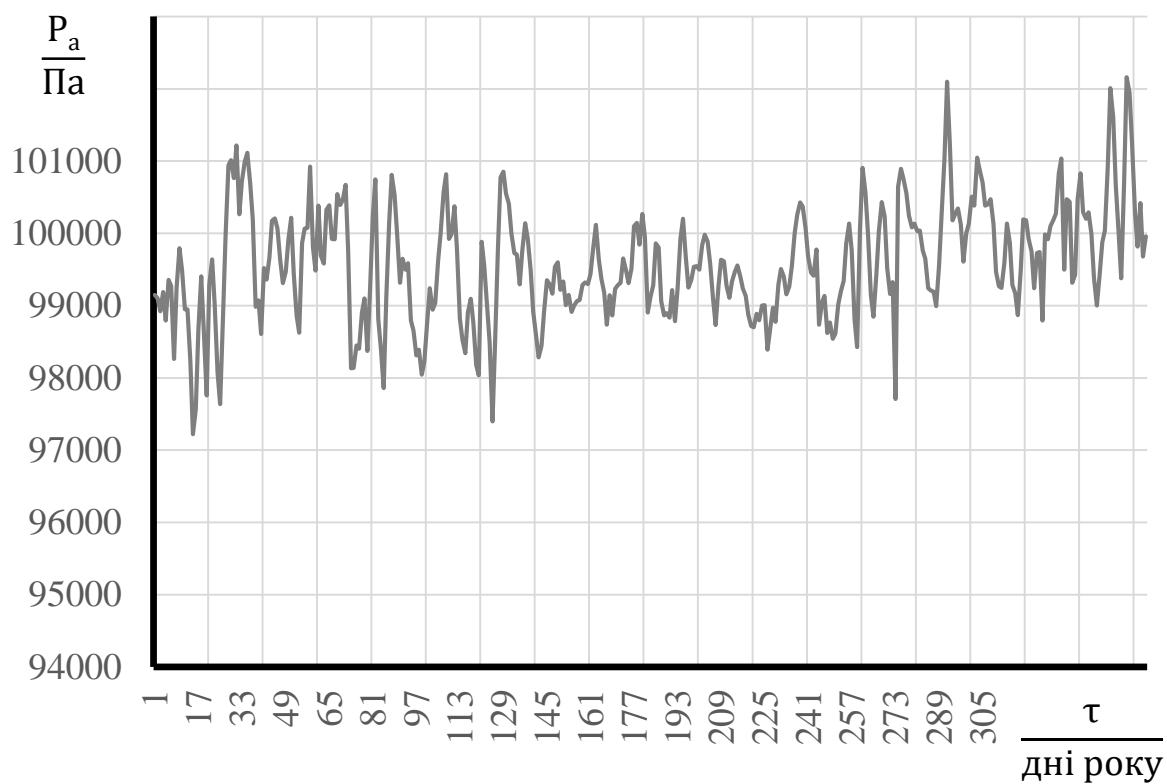


Рисунок 3.7 – Розподіл атмосферного тиску протягом 2016 року

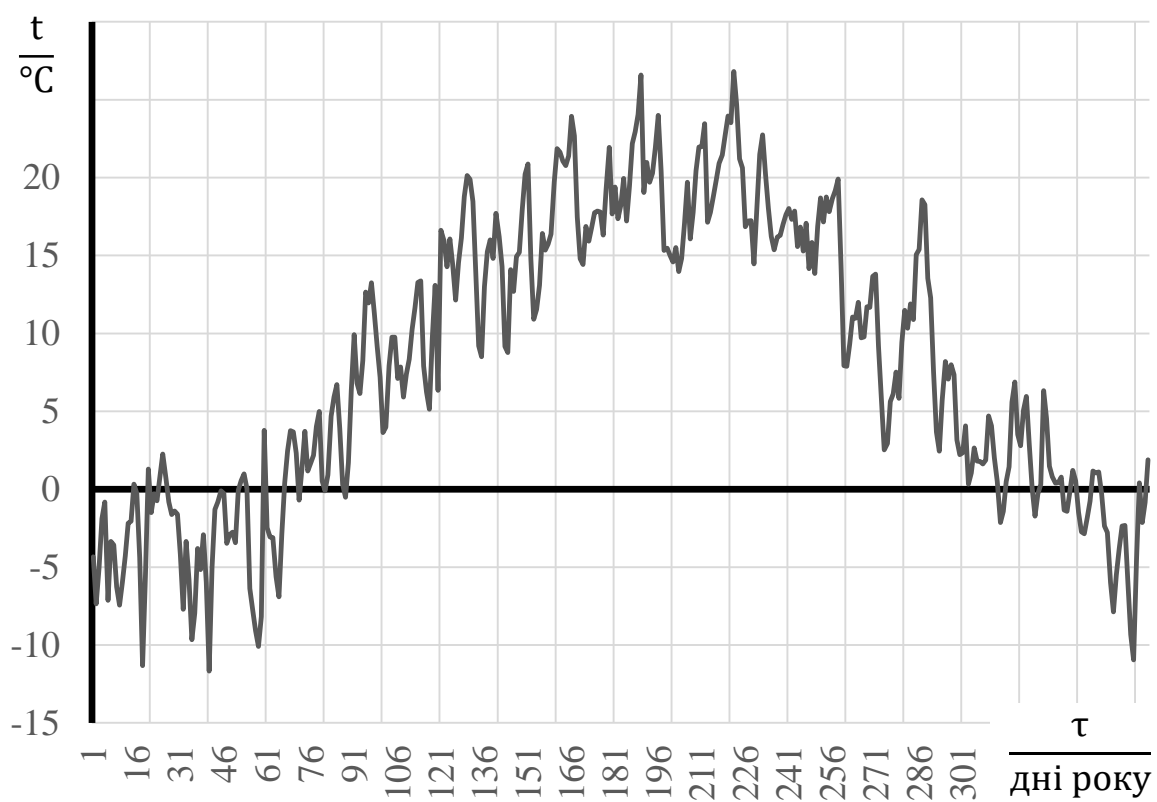


Рисунок 3.8 – Розподіл середньодобової температури сухого термометра оточуючого середовища протягом року

### 3.3 Результати моделювання існуючої системи

На рисунку 3.9 зображено теплоспоживання будівлі для підтримання заданого температурного режиму протягом року. Спостерігаються локальні піки в періоди збільшення тепловтрат будівлі внаслідок зниження температури навколишнього середовища. В демісезонний період та влітку спостерігається незначне навантаження на систему опалення. Це пов'язано із локальним зниженням температури та теоретичною необхідністю в компенсації збільшених тепловтрат. На практиці суттєвої необхідності в цьому немає, оскільки присутня інерційність будівлі. Так, як моделювання не враховує цього фактору, їм можна знехтувати. Також оскільки таке явище присутнє для двох систем, на аналіз ефективності роботи двох систем воно не вплине. Ефективність роботи системи централізованого теплопостачання прийнята з ККД 85% (з оптимістичним поглядом). Це значення є оптимістичним та в сучасних реаліях не відповідає дійсності, оскільки теплові мережі теплопостачання в аварійному стані.

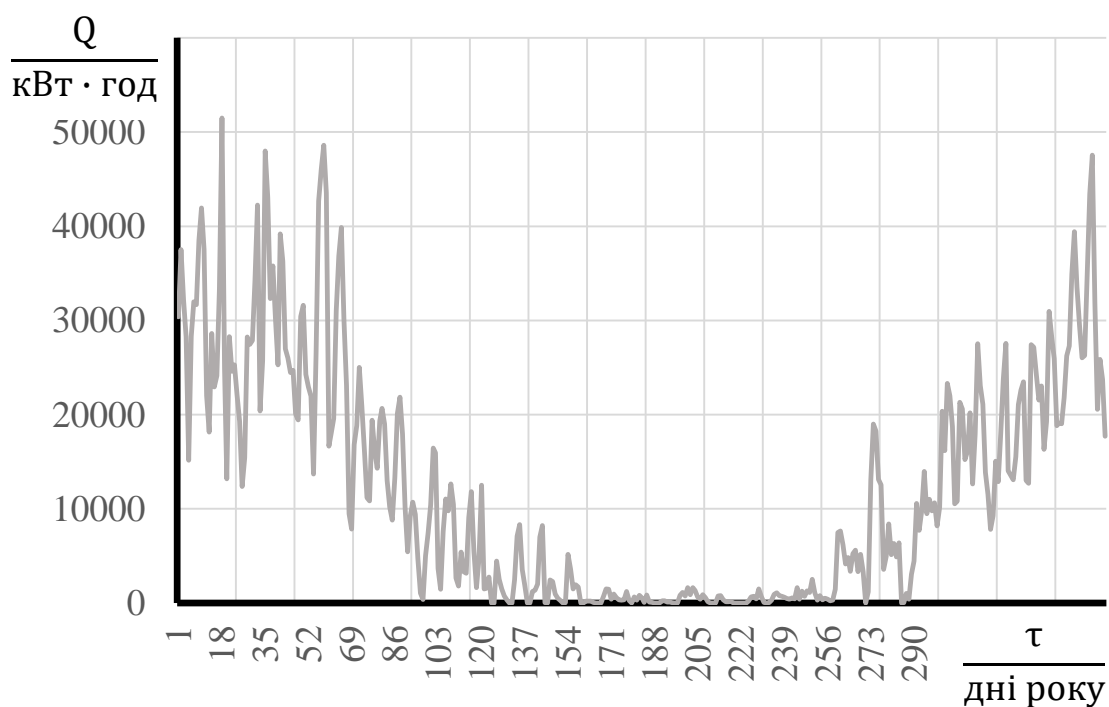
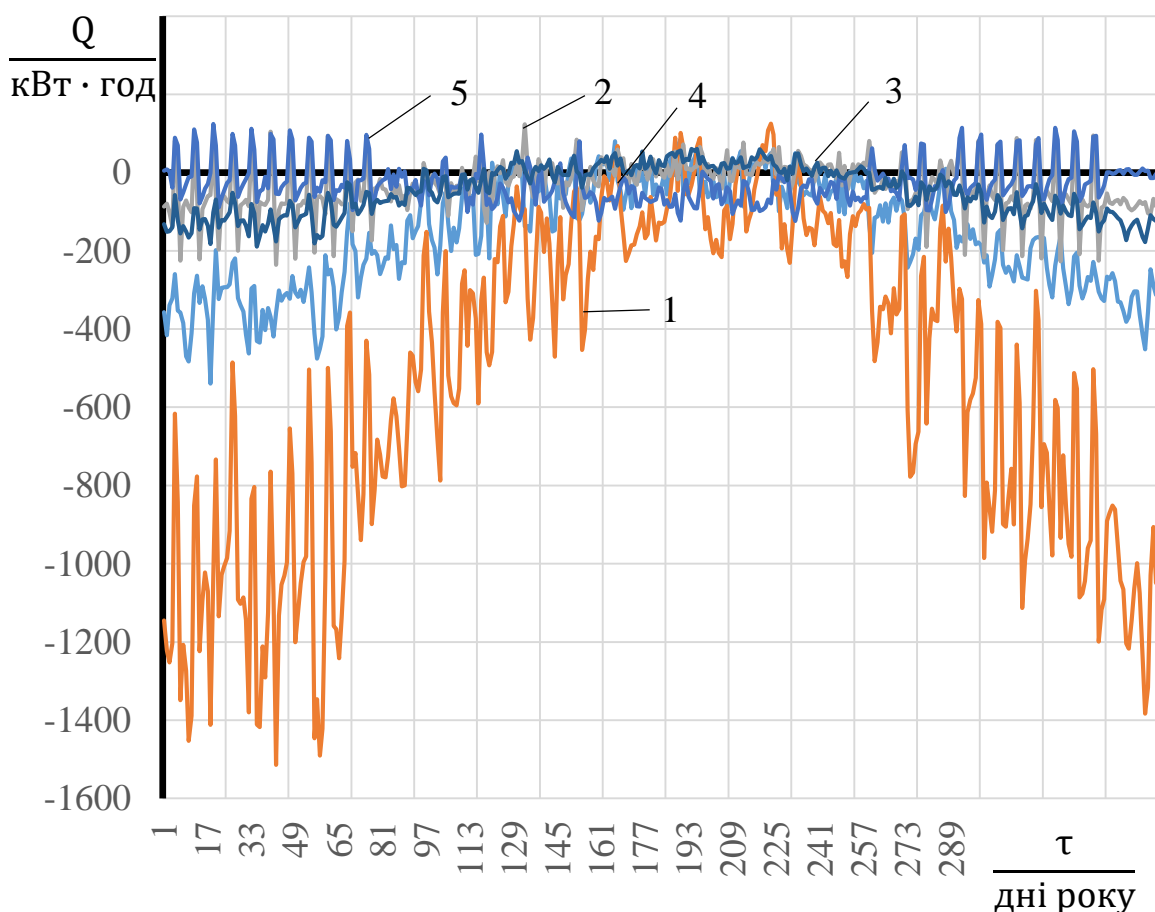


Рисунок 3.9 – Залежність теплоспоживання будівлі від дня року

На рисунку 3.10 зображено тепловтрати огорожувальних конструкцій в залежності від дня року (температури зовнішнього середовища). Аналіз показує, що найбільше теплоти протягом року втрачається через стіни та вікна. (відповідно до таблиці 3.4). Локальні піки тепловтрат в позитивну шкалу ординат (складова через підлогу на ґрунті) можна пояснити нічним вимкненням системи термостабілізації, при цьому симуляція проводиться. Необхідності в тепловій енергії вже немає оскільки система в статусі зниження температури, але інерційність будівлі та низька інтенсивність тепловіддачі не дає змогу моментально віддати теплову енергію.



1 – зовнішні стіни; 2 – стеля; 3 – світлопрозорі огорожувальні  
конструкції; 4 – підлога на ґрунті; 5 – плоска криша

Рисунок 3.10 – Залежність тепловтрат огорожувальних конструкцій від  
дня року

На рисунку 3.11 показано витрати теплоти на природню вентиляцію приміщень.

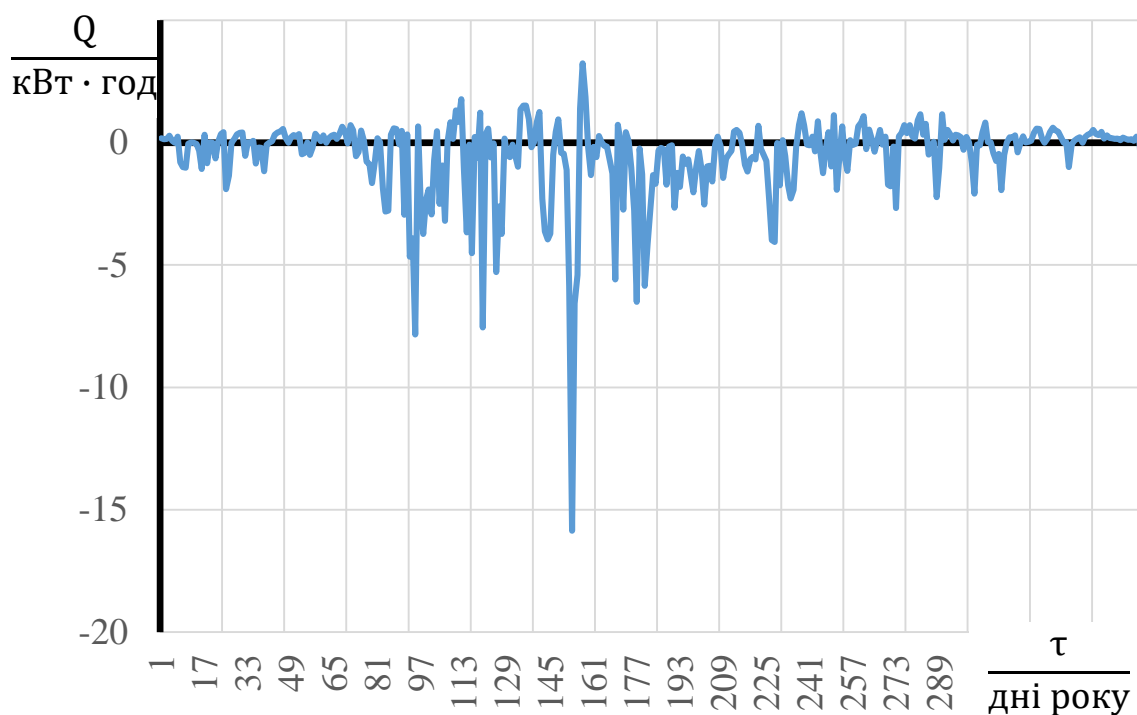


Рисунок 3.11 – Залежність тепловтрат на природню вентиляцію приміщень від дня року.

Оскільки відсоток відкривання вікон невеликий (0,01% від загальної кількості) потреби в тепловій енергії на нагрів повітря, що проникає в масштабі загальних тепловтрат не значні.

На рисунку 3.12 зображено витрати теплоти на вентиляцію та інфільтрацію повітря в приміщення.

Згідно з нормативами [13] для приміщень даного класу, необхідна наявність системи вентиляції. Теплова енергія на нагрів повітря при кратності циркуляції в 3 рази на годину зображена на рисунку 3.12.

Відповідно бачимо пряму залежність від різниці температур повітря, що надходить до повітря в приміщенні.

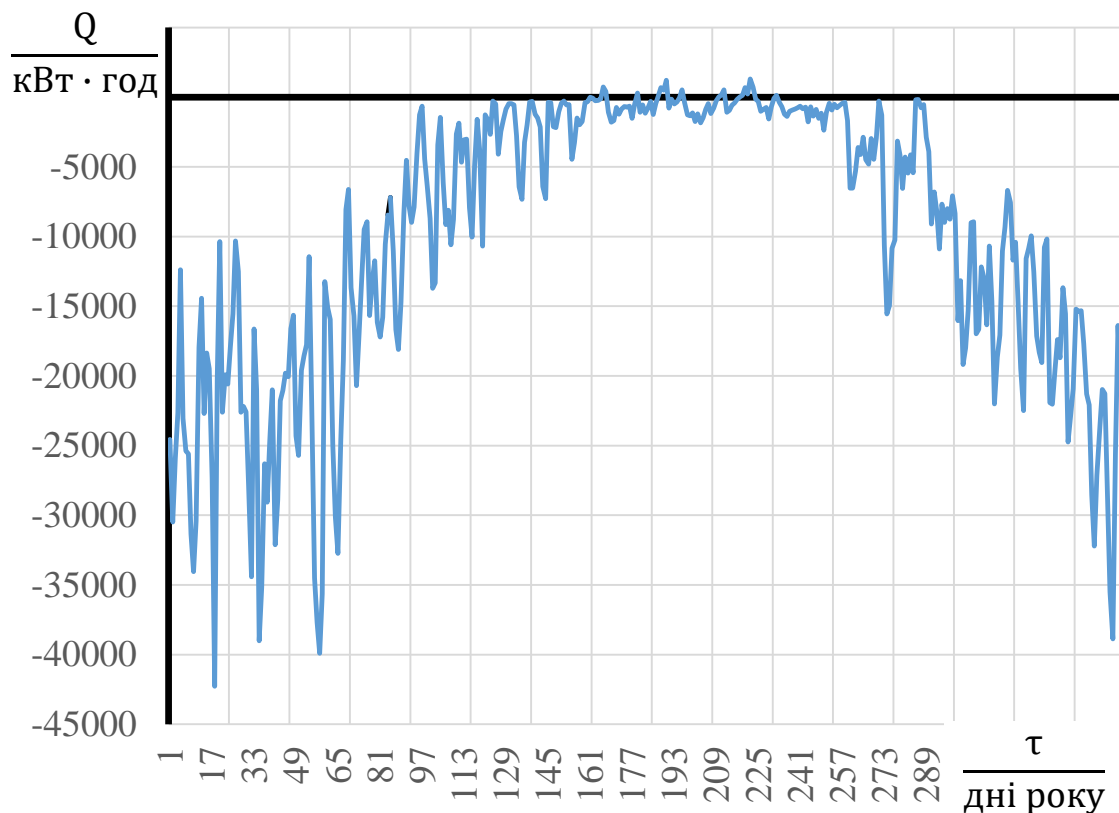


Рисунок 3.12 – Залежність витрати теплоти на вентиляцію та інфільтрацію протягом року

#### 3.4 Результати моделювання системи термоактивного утеплення опалення та охолодження, що пропонується

При симуляції існуючої та пропонованої системи було обрано всі ідентичні параметри згідно шаблону та представлені в попередньому розділі. Відмінності витримано при розрахунку опору теплопередачі зовнішніх стін.

На рисунку 3.13 представлено річне споживання електроенергії тепловим насосом (компресором теплового насосу) для опалення приміщень. Спостерігаємо мінімальні значення в літній період, пов'язані з локальним зниженням температури та теоретичної необхідності підтримки температурного режиму.

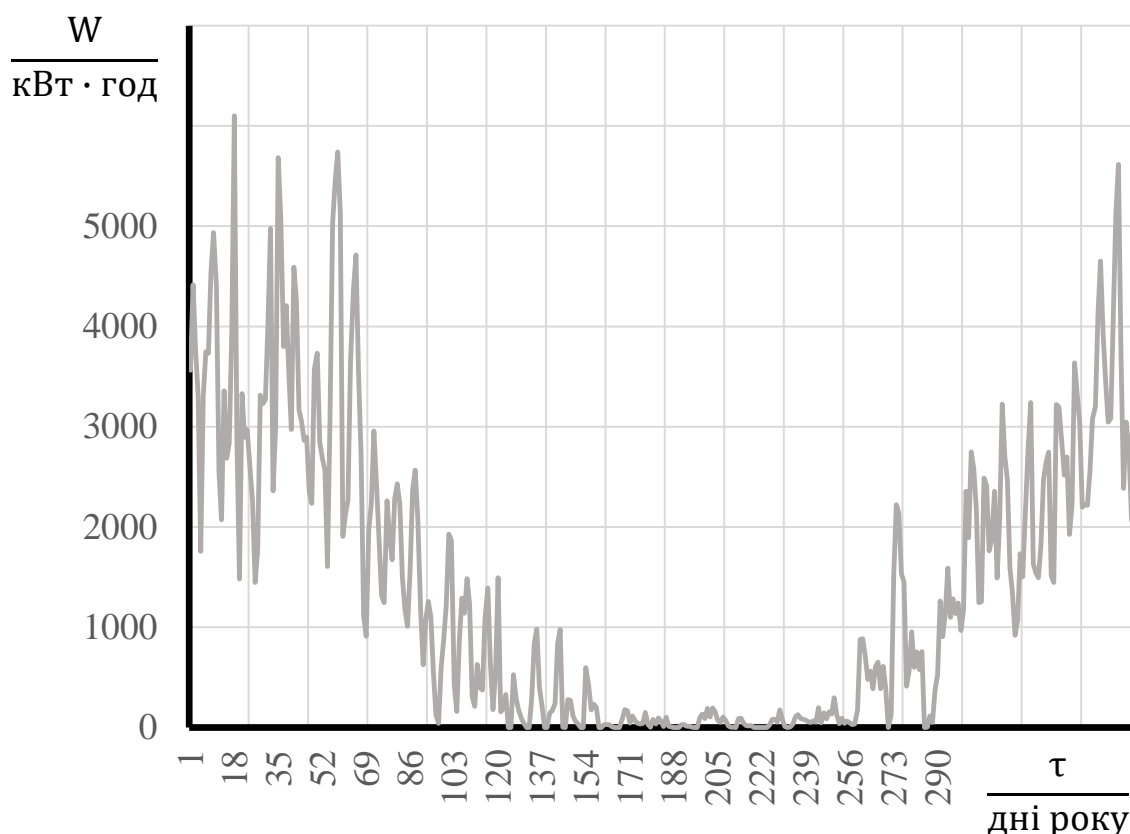
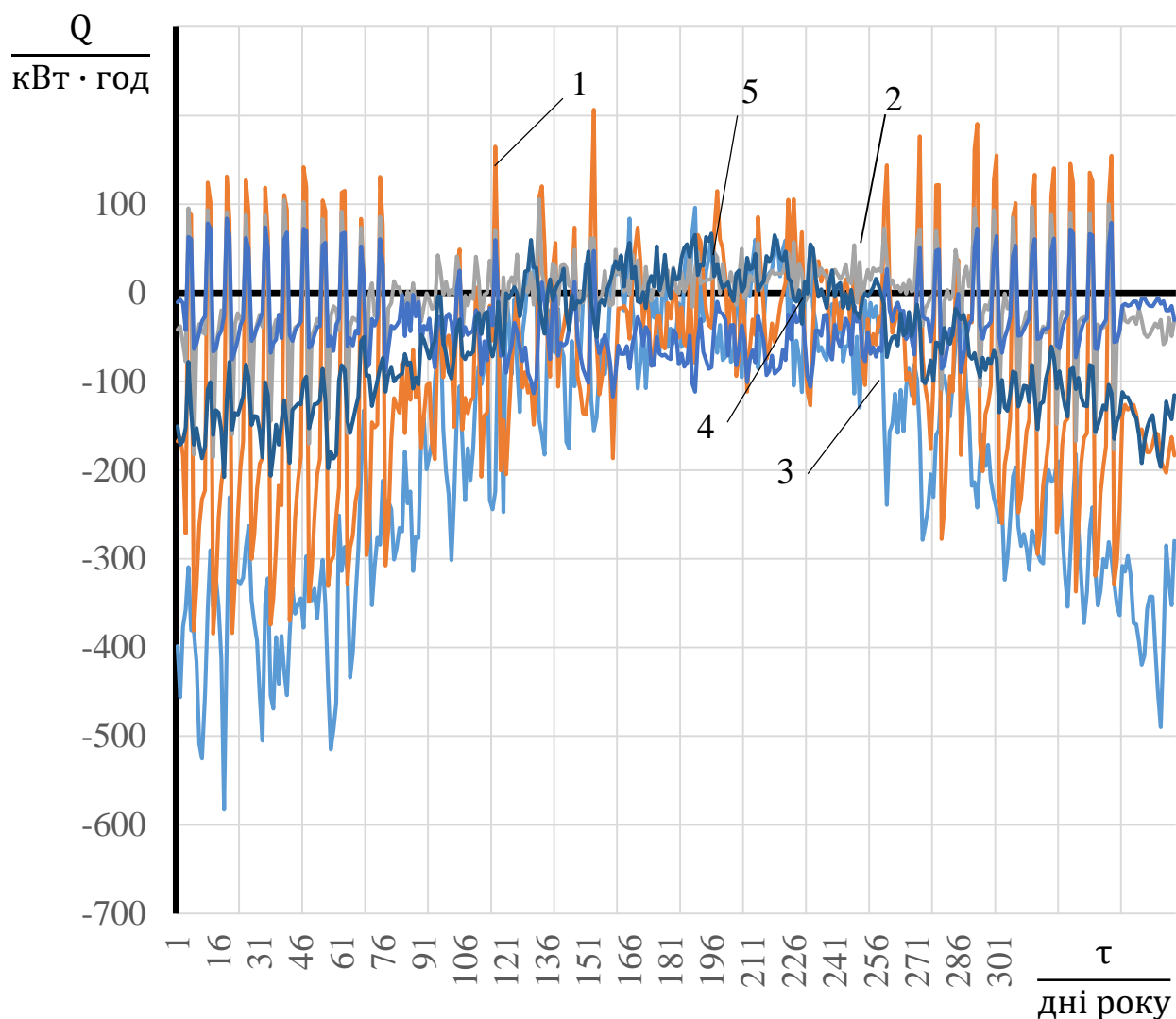


Рисунок 3.13 – Залежність споживання електроенергії тепловим насосом від дня року (температури навколишнього середовища)

На рисунку 3.14 зображено залежність тепловтрат різних огорожувальних конструкцій будівлі від дня року (температури зовнішнього повітря). Оскільки при застосуванні пропонованої системи необхідно її покриття утеплювачем, що сягає не менше 150 мм (мінеральні фасадні плити, екопіна, базальтова вата, пінополістирол) то бачимо що значення тепловтрат через стінові конструкції, в середньому, стало менше, ніж для стандартної системи. Та при цьому тепловтрати через світлопрозорі огорожуювальні конструкції вносять більш вагомий вклад. Також спостерігаємо на фоні від'ємних значень певні локальні піки в додатній діапазон осі. Це пов'язано із особливістю роботи системи термоактивного утеплення та прогнозованим режимом роботи системи із нічними «часовими вікнами» (час підтримки опалення – з 8:00 до 18:00).





1 – зовнішні стіни; 2 – стеля; 3 – світлопрозорі огорожувальні  
конструкції; 4 – підлога на ґрунті; 5 – плоска криша

Рисунок 3.14 – Залежність тепловтрат огорожувальних конструкцій від дня року

На рисунку 3.15 зображено споживання електричної енергії тепловим насосом протягом опалювального періоду року. Пікове споживання припадає на січень та лютий. Проаналізувавши графік, можна зробити висновок, що в середньому споживання електричної енергії сягає близько (2000...4000) кВт·год.

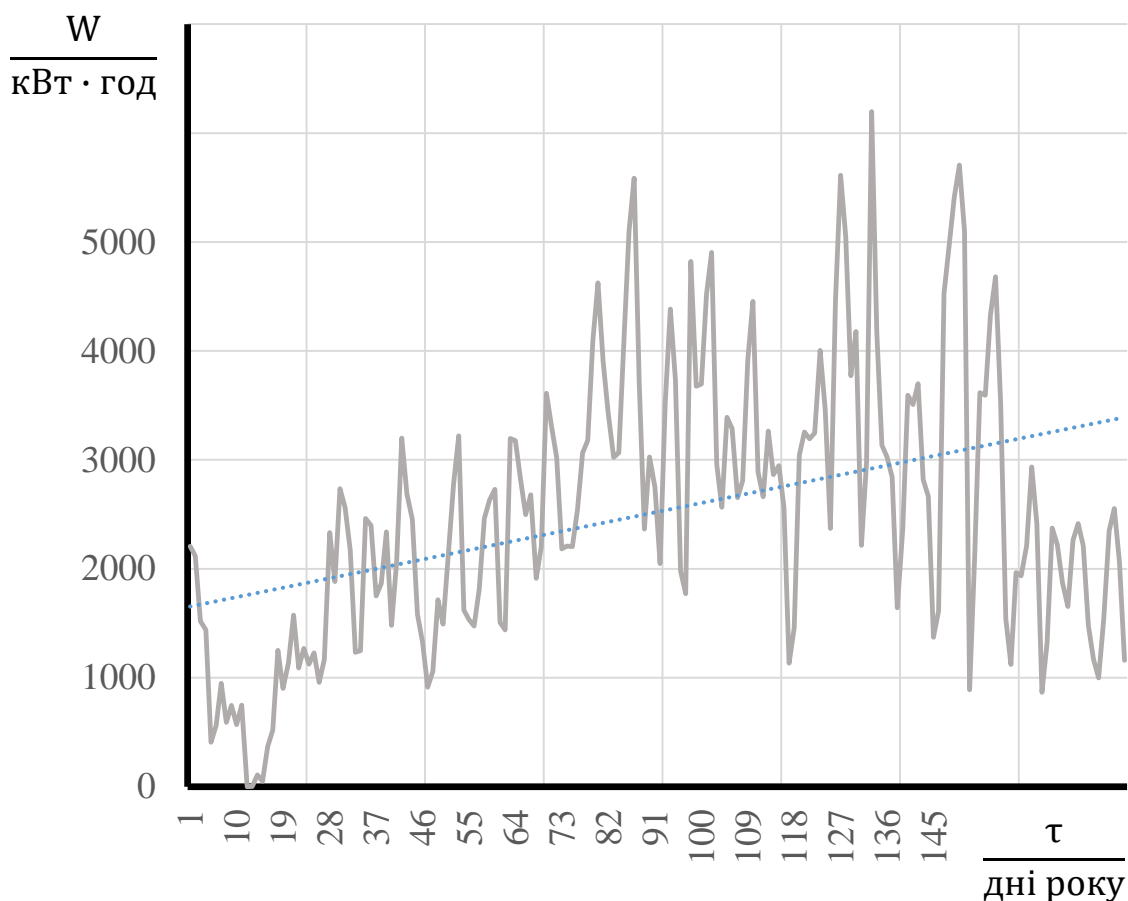


Рисунок 3.15 – Залежність споживання електроенергії тепловим насосом в залежності від дня опалювального періоду (Дні опалювального періоду 1 жовтня - 1 квітня)

На рисунку 3.16 зображено залежність необхідної потужності для підтримання заданого температурного режиму протягом одного типового робочого зимнього дня. (12-го лютого). Температура сухого термометра зовнішнього повітря при цьому складала  $-1,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Бачимо, що необхідна теплова потужність для компенсації тепловтрат при цьому складає близько 160 кВт. З графіку можна помітити стрімке зростання необхідності в тепловій енергії близько 5:00 ранку, це пов'язано із необхідністю ввімкнення системи термостабілізації для того, щоб до 8:00 забезпечити розрахункові параметри в приміщеннях.

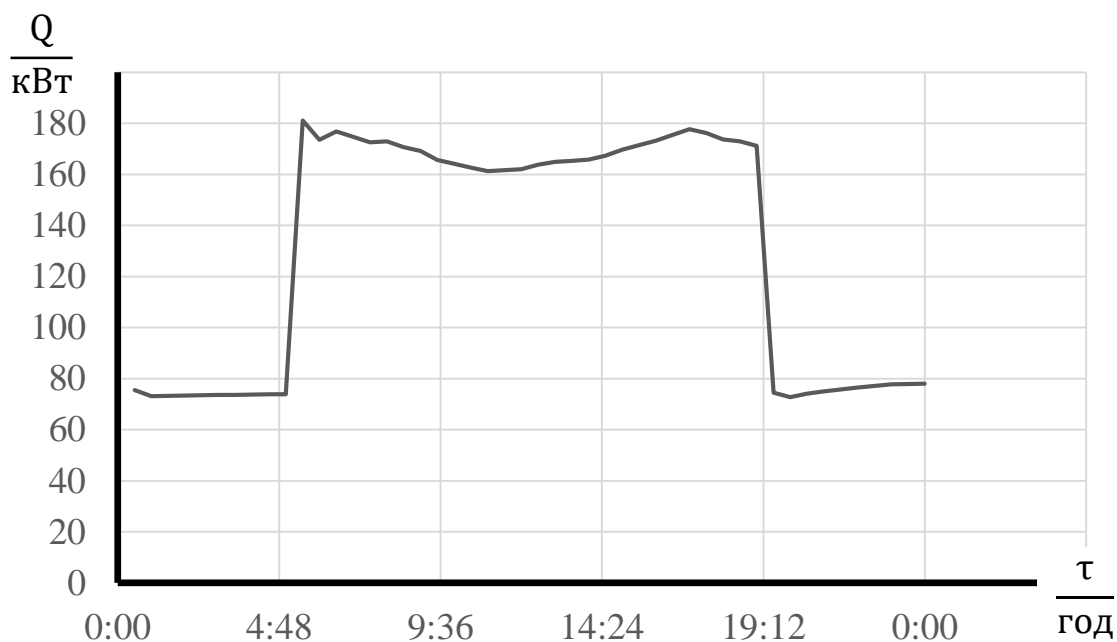


Рисунок 3.16 – Необхідна потужність на опалення протягом типового робочого дня зими (12 лютого)

На рисунку 3.17 зображено сезонний розподіл витрати електроенергії на кондиціювання приміщень (квітень – жовтень) для пропонованої системи (сезонний COP (коефіцієнт трансформації теплового насосу) дорівнює 6).

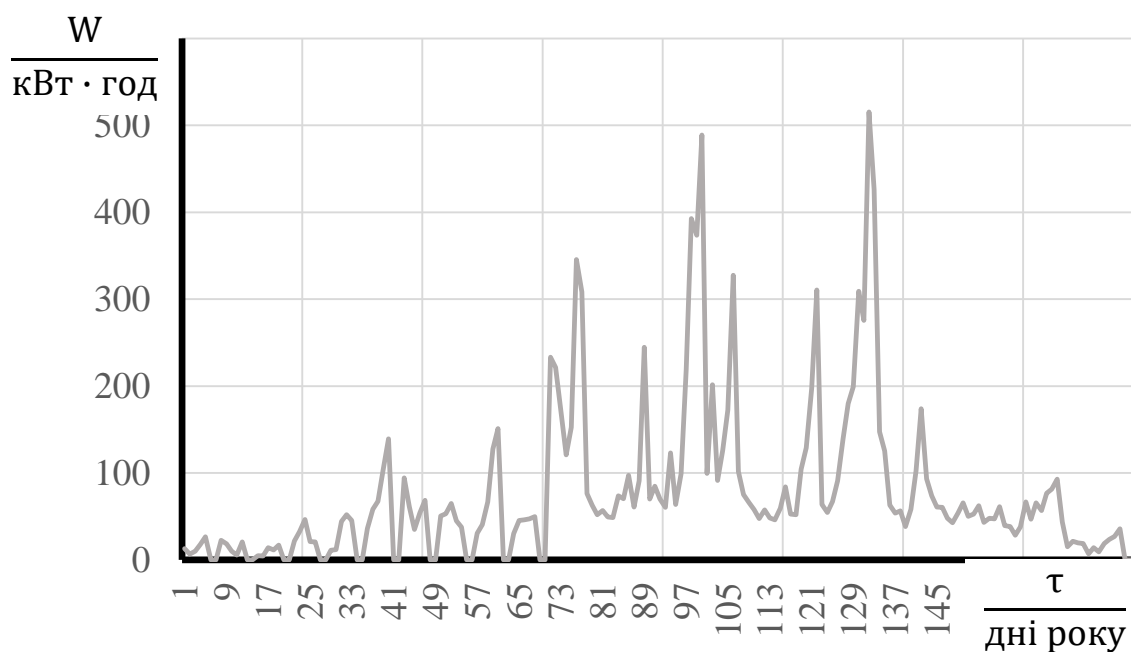


Рисунок 3.17 – Розподіл витрати електроенергії для охолодження будівлі

На рисунку 3.18 зображено сумарне навантаження охолодження одного робочого дня (15 липня 2016 року). Середня температура зовнішнього повітря при цьому складала 25 °С. В результаті моделювання було визначено максимальну потужність для забезпечення потреб будівлі в охолодженні, що складала 233,65 кВт.

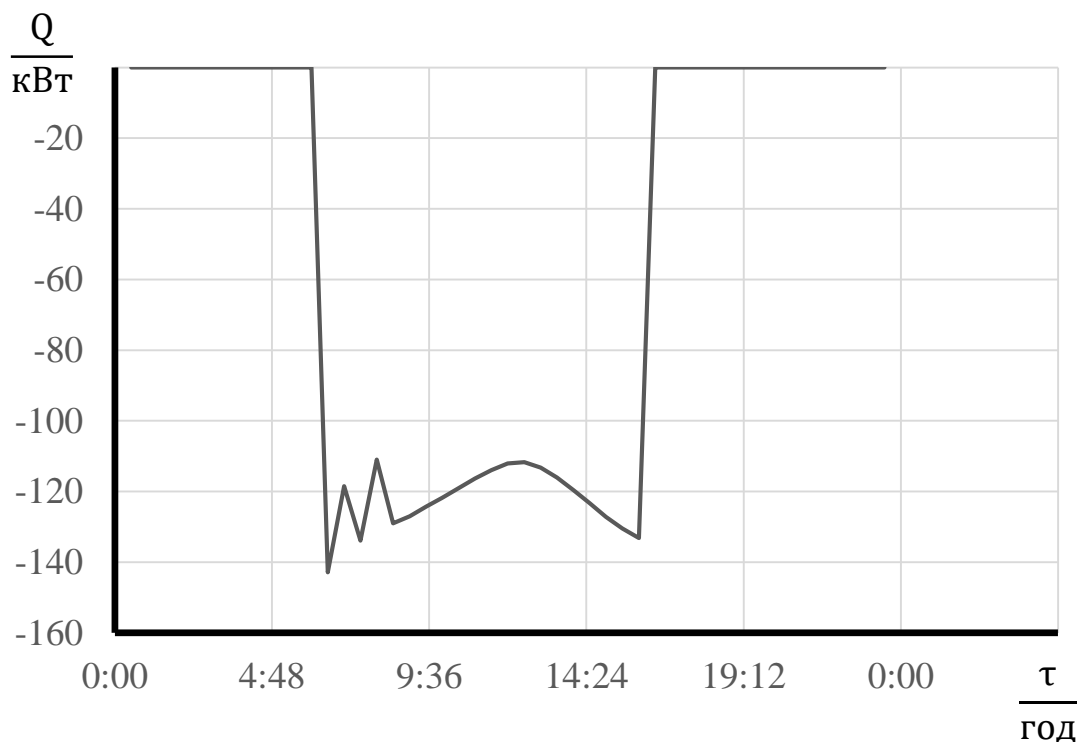
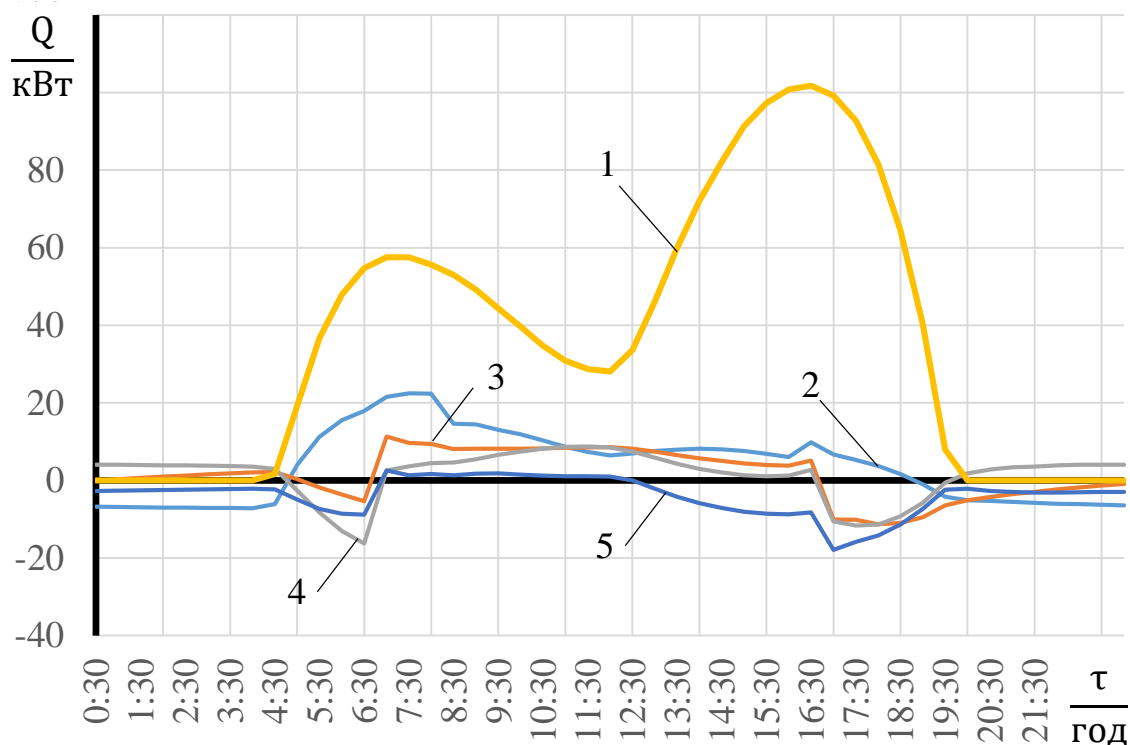


Рисунок 3.18 – Залежність необхідної холодинної потужності протягом дня

На рисунку 3.19 зображено розподіл теплопритоків протягом часу доби. Показано вклад кожної з огорожувальних конструкцій та вклад сонячної інсоляції через вікна.

Найбільший вклад згідно рисунку 3.19 вносить теплообмін випромінюванням. Однак, оскільки при розрахунку не було враховано архітектурну забудову міста та будівлі, що знаходяться поруч, можна зробити висновок про некоректність даного розподілу. Так як будівля, що знаходиться поруч з частиною корпусу частково затінює сонячне випромінювання. Значно менші притоки теплової енергії через світлопрозорі огорожувальні конструкції.



1 – сонячна інсоляція через вікна; 2 – світлопрозорі огорожувальні конструкції; 3 – зовнішні стіни; 4 – стеля; 5 – підлога на ґрунті

Рисунок 3.19 – Залежність теплопритоків від часу доби

### 3.5 Результати CFD моделювання системи термоактивного утеплення опалення та охолодження

В результаті CFD моделювання частини корпусу отримано поля температур та швидкостей. Параметри, що задавались при моделюванні було описано в п. 3.1 та 3.2 даної роботи.

Аналіз представлених даних в додатку 1 показує, що найнижча температура повітря спостерігається в межах світлопрозорих огорожувальних конструкцій. Також варто зазначити, що температура в межах вікон (0,3...0,4 м) від габаритного розміру вікна дещо знижується (16...18 °С). Температура внутрішньої поверхні стіни становить близько 23 °С. При цьому, середньоінтегральна температура в приміщеннях з постійним перебуванням людей підтримується в допустимих межах 20 °С. В приміщеннях із тимчасовим

перебуванням людей (коридори, хол) температура має значення в  $17,35\text{ }^{\circ}\text{C}$ , що є припустимими значеннями згідно з діючими нормами [13].

Аналіз даних по розподілу швидкості в приміщеннях корпусу, які представлені в додатку 2 показав, що зони локального збільшення швидкості потоку повітря розташовані поряд з світлопрозорими огорожувальними конструкціями, які мають найменший термічний опір та відповідно температуру. Стіни з північного фасаду будівлі також мають зони із збільшеною швидкістю повітря, тому для компенсації підвищених тепловтрат на даних фасадах, необхідно збільшувати температурний напір у відповідних контурах системи.

Як показує аналіз отриманих даних середньорічні витрати енергії на опалення в при використанні системи активного утеплення опалення складають близько (2500...3000) кВт·год. При використанні існуючої системи це значення сягає 20000 кВт·год. Таким чином, витрати енергії (в роботі наведено приведену енергію для спрощеного аналізу, оскільки тепловий насос споживає електричну енергію для роботи компресора, а існуюча система тепlopостачання – теплову енергію, що зазвичай виражена в Гкал) на опалення приміщень об'єкту фактично зменшуються у 8 разів. Це пов'язано із використанням низькотемпературної системи опалення з тепловим насосом в якості джерела теплоти. Оскільки теплова потужність, що генерує тепловий насос, залежить від різниці температур між конденсатором та випарником, електрична потужність для даної системи складає 25 кВт (за стандартних значень COP B0/W35 4.7 згідно з EN14511 [14] можна покрити лише 100 кВт навантаження).

Встановлено, що потреба в холодильній потужності в 1.3 рази нижче, ніж в тепловій потужності, тобто твердження про можливе перевищення холодильної потужності над тепловою [1] наразі не є актуальним для умов континентального клімату на сьогоднішній день та категорії енергоефективності даної будівлі. В контексті зменшення тепловтрат, та при досягненні показнику в  $20...30\text{ Вт/м}^2$  воно, можливо, буде доцільним

(необхідний додаткові експерименти та аналіз для підтвердження цього твердження). Про це свідчить той факт, що основний вклад складову теплонадходжень в літній період вносить рівень сонячної інсоляції. Тому поряд із зменшенням тепловтрат (теплопритоків) важливо також збільшувати коефіцієнт відбивання вікон, тобто застосовувати скло з антидифузійними покриттями.

В результаті аналізу отриманих даних можна зробити наступні рекомендації:

- 1) В результаті застосування системи активного утеплення опалення в комплексі з тепловими насосами, або ж альтернативними джерелами теплоти досягається суттєва економія енергоресурсів;
- 2) При некоректній інсталяції системи можлива повна втрата роботоздатності. Для уникнення цього ефекту необхідно забезпечити максимально щільний контакт утеплювача та фасаду будівлі, без провітряних прошарків, що створюють значний термічний опір.
- 3) Рекомендується застосовувати утеплювач – мінеральні фасадні плити, питомою густиною (130...150) кг/м<sup>3</sup> товщиною (150...200) мм.
- 4) Рекомендовано застосування теромрозподільчої сітки з алюмінію, розміром чарунки (10...25) мм для більш рівномірного розподілення температури по фасаду будівлі.
- 5) В будівлях із високим відсотком скління (більше 50%) необхідне влаштування високотемпературних крайових (граничних контурів в місцях концентрації тепловтрат (віконні проєми, зовнішні двері, стеля).
- 6) В окремих випадках допускається застосування даної системи також на даху будівлі, задля компенсації додаткових тепловтрат.
- 7) Рекомендоване застосування вузла реверсивної циркуляції системи, що виконує функцію зміни руху теплоносія та призводить до вирівнювання градієнту температур по фасаду.

## 4 РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ

### 4.1 Резюме проекту

Сьогодні важливим є питання збереження енергоресурсів. Тому постає питання в модернізації існуючих систем теплозабезпечення будівель. Водночас завжди існує проблема відсутності кондиціювання старих будівель, що були збудовані за часів СРСР. Якщо ж така система й існує, то ефективність її можна поставити під питання. Важливим аспектом в модернізації є проблема заміни системи опалення, оскільки фактично необхідно виводити будівлю з експлуатації, що практично завжди є не допустимим. Часткова заміна основних вузлів не завжди призводить до бажаного результату, і досить часто не вирішує проблему в принципі.

Характерною особливістю системи термоактивного утеплення є значні переваги в порівнянні з класичними системами опалення або ж кондиціювання. Серед них - рівномірність розподілення температури по поверхні огорожувальних конструкцій, що виключає значні градієнти температур в приміщенні, мінімізуючи конвективні потоки повітря, що призводять до його пересушення (зменшення відносної вологості до (30...40) %). Система дозволяє зменшити тепловтрати будівлі, оскільки джерело тепла не створює в зоні світлопрозорих огорожувальних конструкцій конвективних потоків з температурою +35 °С, що призводять до збільшених тепловтрат у цих областях.

Відносна вологість огорожувальних конструкцій при експлуатації даної системи складає (0,6...1,2) %, тому унеможливорюється поява різного роду грибків та конденсації вологи в огорожувальних конструкціях, що суттєво збільшує термін експлуатації останніх. Застосування даної системи із газовим котлом конденсаційного типу або ж тепловим насосом дозволить досягти економії в (3...7) разів. Повітря в приміщенні не пересушується.



## 4.2 Канва бізнес моделі проекту

Таблиця 4.1 – Канва бізнес-моделі проекту

<p><b>КЛЮЧОВІ ПАРТНЕРИ</b></p> <p>Ключовий партер, ТОВ “ТОВ – Гефест”</p> <p>Постачальник, TECE, Rehau, Uponor, Heat-Pex, Vaillant, AIK, Viessman, Wilo</p> <p>Від партнера необхідно отримати трубу 16x2,0 Тепловий насос, матеріали для монтажу.</p> <p>Партнери займаються виготовленням труб та фітінгів, теплових насосів, циркуляційних насосів, розробкою виробів для систем опалення.</p>	<p><b>КЛЮЧОВІ ВИДИ ДІЯЛЬНОСТІ</b></p> <p>Розробка проектного рішення для системи опалення та охолодження. Монтажу всього необхідного обладнання.</p>	<p><b>КЛЮЧОВІ РЕСУРСИ</b></p> <p>Розробка робочого проекту, кваліфіковані монтажні організації, організації з пусконаладжування систем опалення, праця людей.</p>	<p><b>ЦІННІСНІ ПРОПОЗИЦІЇ</b></p> <p>Підвищення ефективності використання енергоресурсів. Забезпечує опалення приміщень без застосування тепловентиляторних установок, має змогу працювати в режимі кондиціонування приміщень.</p> <p>Допомагає вирішити проблеми вологості огорожувальних констукцій, появи грибків, пересушення повітря в приміщенні.</p>	<p><b>ВЗАЄМОВІДНОСИНИ ЗІ СПОЖИВАЧАМИ</b></p> <p>Партнерські відносини, які встановлюються за рахунок тендеру. Договір-підряд.</p>	<p><b>КАНАЛИ ЗБУТУ</b></p> <p>Через рекламу, рекомендаційні листи від Замовників, що вже користуються даною системою. Двостороння взаємодія з архітектурними та канструкторськими бюро. Веб-сайт та активні агенти.</p>	<p><b>СПОЖИВЧІ СЕГМЕНТИ</b></p> <p>Основними споживачами є користувачі будівель або ж власники.</p> <p>Цінність створюється для ОСББ, адміністративних та громадських будівель, будівель, що проектуються та реконструюються із заміною системи опалення, індивідуальних житлових будинків, лікарень, дитячих садочків, шкіл, будівель часів СРСР.</p> <p>Можна розділити споживчі сегменти на індивідуальні та громадські (адміністративні), або ж групи людей із спільною ціллю.</p>
<p><b>СТРУКТУРА ВИТРАТ</b></p> <p>Витрати на проектування системи, погодження із структуруючими організаціями закупівлю обладнання, монтаж, технічний та авторський нагляд, ввід в експлуатацію та подальше обслуговування (сервіс). Диспетчеризація (за побажанням Замовника).</p>			<p><b>ПОТОКИ НАДХОДЖЕННЯ ДОХОДІВ</b></p> <p>Після кожної виконаної частини проекту йдуть виплати згідно договору, це 3-7% від ціни всього проекту (без проектування: матеріали, кострукторські витрати і тд.).</p> <p>Продаж обладнання та матеріалів.</p> <p>Інвестиційна привабливість проекту полягає в можливості заощаджувати на експлуатаційних витратах енергоресурсів.</p>			

### 4.3 Організація проекту

Проект реалізуються в житлових будинках, багатоповерхівках, адміністративних та індивідуальних житлових будівлях, які даний час потребують встановлення, модернізації чи доповнення системи опалення. Підприємство, яке проводить монтаж обладнання має багаторічний досвід у сфері монтажу даної системи. Оскільки в разі непрофесійного монтажу система може повністю втратити роботоздатність, важливо брати до уваги цей фактор. Проект створюється як впровадження інновацій в систему термостабілізації будівлі.

### 4.4 Ключові види діяльності проекту

#### 4.4.1 Вид проекту за характером інновації:

- дослідно-проектна робота, аналіз ефективніших систем для створення оптимальних режимів експлуатації будівель.
- запровадження нової схеми для термостабілізації будівель.

#### 4.4.2 Спрямованість проекту:

- економія енергоресурсів. В даному обладнанні встановленні автоматичні системи регулювання температури та витрати теплоносія, циркуляційні насоси з електронним регулюванням швидкості.
- поліпшення стану навколишнього середовища. За рахунок зменшення енергоспоживання та експлуатаційних витрат.

#### 4.4.3 Висновок щодо науково-технічного рівня ідеї:

- в результаті виконання роботи буде виконано аналіз ефективності роботи системи термоактивного утеплення при застосуванні її в заданих умовах;
- краща за існуючі в світі аналоги. В порівнянні зі світовими аналогами більш гнучкі можливості для напрямків застосування системи.

#### 4.5 Основні бізнес-процеси проекту

Таблиця 4.2 - Основні бізнес-процеси проекту

Група процесів	Бізнес-процес	Ступінь опрацювання бізнес-процесу	
		є реалізованим	буде реалізованим
Розробка продукції	Налагодження каналів поставок матеріалів	є реалізованим	
	Розробка і проектування систем	є реалізованим	
	Технологічна підготовка до інсталяцій систем та аналізу роботи	є реалізованим	
Вимоги споживачів	Дослідження розвитку ринку		буде реалізованим
	Організація маркетингу і продажів		буде реалізованим
	тендерне розміщення замовлень		буде реалізованим
Виконання замовлень	Забезпечення і матеріально-технічний збут		буде реалізованим
	Планування і управління інсталяцією системи	є реалізованим	
	Інсталяція системи		буде реалізованим
	Розподіл продукції і логістика		буде реалізованим
Обслуговування споживача	Післяпродажне обслуговування та сервіс		буде реалізованим
	Повернення продукції		

##### 4.5.1 Ціннісні пропозиції та споживачі

Користувачами результатами даного проекту можуть бути проектно-конструкторські та виробничі організації, що працюють в сфері будівництва та експлуатації систем теплопостачання та термостабілізації системи. Проектом передбачено здешевлення системи опалення та охолодження при

збільшенні ефективності в (6...7) разів для забезпечення оптимального температурного режиму в приміщенні.

#### 4.5.2 Характер формування споживчої цінності проекту:

– покращення існуючих потреб, оскільки система зводить до мінімуму конвективні рухи повітря в приміщенні, що позитивно впливає на рівномірність розподілу температури по об'єму приміщення та підвищує комфорт перебуваючих осіб. В режимі кондиціонування відсутня примусова конвекція повітря з температурою 15...17°C, що позитивно впливає на самопочуття людей.

#### 4.5.3 Зміст ідеї проекту

Таблиця 4.3 – Зміст ідеї проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Сегменти споживачів	Цінність для споживачів
Використання системи обігріву типу «охоронного нагрівача», що компенсує тепловтрати через світлопрозорі огорожуючі конструкції	1.Для модернізації існуючих систем теплозабезпечення. 2.Для застосування в якості основної системи опалення та кондиціонування в нових проектах	Державні замовники, багатоквартирні будинки, адміністративні будівлі, індивідуальні житлові будівлі	Збільшення економії на витрати для опалення, за рахунок підвищення ефективності роботи системи та застосування теплового насосу, системи альтернативних джерел теплоти (сонячні колектори)

#### 4.5.4 Аналіз ідеї проекту

Таблиця 4.4 – Аналіз ідеї проекту

	Техніко-економічні характеристики ідеї	Продукція конкурентів			W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	Кон-т 1	Кон-т 2			
1.	Можливість монтажу на зведену будівлю	Така можливість існує	ТАСБ	Uponor	Знижується ефективність теплопередачі	Велика інерційність системи	Така можливість існує
2.	Робочий діапазон температур +26...+29 °С	Забезпечується	ТАСБ	Uponor	Швидкість нагріву будівлі низька	При високому відсотку скління необхідно застосовувати високо температурні контури в граничних зонах	Високий COP з тепловим насосом

#### 4.5.5 Технологічний аудит ідеї проекту

Таблиця 4.5 – Технологічний аудит ідеї проекту

№	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1.	Використання системи термоактивного утеплення із тепловим насосом та сонячними колекторами	Тепломассобмінні технології, теплотехнічні та теплогидравлічні технології	Технології частково є загально відомими. Деяка частина є новим рішенням.	Технологія доступна до реалізації проектним організаціям
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: термомодернізація поточної частини корпусу до енергопасивних категорій.				

#### 4.5.6 SWOT-аналіз проекту

Проаналізуємо можливості впровадження проекту на основі складання матриці SWOT-аналізу – матриці, де ідентифікуються сильні (Strength) та

слабкі (Weak) сторони, загрози (Troubles) та можливості (Opportunities) проекту (табл. 4.5).

Таблиця 4.5 – SWOT-аналіз проекту

<p><b>Сильні сторони (S):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Нова технологія на ринку.</li> <li>– Автоматична погодозалежна система регулювання.</li> <li>– Можливість застосування при реконструкції будівлі.</li> <li>– Одна система вирішує два питання – опалення та кондиціонування.</li> <li>– Значна інерційність системи.</li> </ul>	<p><b>Слабкі сторони (W):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Вища вартість.</li> <li>– Складність ремонту у випадку виходу системи з ладу, або механічного пошкодження гріючого контуру.</li> <li>– Складність видалення з контуру повітря.</li> <li>– Складність інсталяції гріючих контурів на фасадах багатоповерхових будівель.</li> <li>– Суттєве (до 60%) зниження ефективності при відстоку скління більше 50 %.</li> </ul>
<p><b>Можливості (O):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Додатково виконується понаднормове утеплення, що сукупно зменшує тепловтрати.</li> <li>– Застосування теплообмінного контуру не лише на стінах, але й перекритті та горищі будівлі.</li> </ul>	<p><b>Загрози (T):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Потенційна можливість замерзання при вимкненні системи.</li> <li>– Відсутність зонного регулювання без встановлення додаткових систем.</li> <li>– Ефективна робота лише з високоенергоефективним обладнанням (тепловий насос, конденсаційний газовий котел).</li> <li>– При некоректній інсталяції системи можлива непрацездатність системи, або суттєве відхилення від проектних значень.</li> </ul>

#### 4.6 Взаємовідносини між споживачами та канали збуту

Визначимо потенційні сегменти споживачів, їх характеристики, сформуємо орієнтовний перелік вимог до продукції та її виробника (табл. 2.6)

Таблиця 4.6 – Взаємовідносини зі споживачами та канали збуту

Сегмент споживачів	Особливості поведінки	Вимоги споживачів	Канали збуту	Інші аспекти взаємовідносин
Будівлі, що проектуються існуючі будівлі, індивідуальні будівлі, багатоквартирні будинки, адміністративні установи, будівлі, що реконструюються.	Один із основних факторів це великі затрати на комунальні послуги, забезпечення кондиціонування приміщень	Швидка окупність проекту, невеликі затрати на модернізацію, експлуатаційна надійність системи, наявність системи віддаленого керування та спостереження	Державні замовники, багато-квартирні будинки, архітектурні групи, прямі споживачі, комерційні організації	Відносини з підрядними організаціями щодо постачання матеріалів для роботи, виробників теплових насосів та інсталяторів системи

#### 4.7 Обґрунтування ресурсів та витрат проекту

Експертним методом визначається ціна продукції з огляду на ціни на товари-аналоги або товари субституту, а також рівень доходів цільової групи споживачів (табл. 4.7). Важливим фактором при цьому є особливості різного роду об'єктів, що суттєво впливають як на рівень доходів, так і на вартість кінцевої продукції.

#### 4.7.1 Визначення ціни

Таблиця 4.7 – Визначення ціни

Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на продукцію	Розрахункова ціна продукції
Немає товарів-замінників	~5000 грн/м <sup>2</sup>	~100 грн/м <sup>2</sup> за місяць	~2800...4000 грн/ м <sup>2</sup> (є орієнтовною та розраховується індивідуально для кожного проекту)	~4500 грн/м <sup>2</sup>

#### 4.7.2 Визначення обсягу виробництва продукції

Обсяги виробництва продукції на період 2018 – 2022 роки наведено в таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 – Обсяги виробництва продукції

Показник	Значення по роках, тис. грн.				
	2018	2019	2020	2021	2022
Загальна потреба в продукції	3	4	4	4	0
Можливі річні обсяги випуску в натуральних показниках	3	4	4	4	4
Ціна одиниці продукції (тис. грн.)	350	350	350	350	350
Річні обсяги випуску в вартісних показниках (тис. грн.)	1050	1750	2100	2450	2800

#### 4.7.3 Розрахунок загальних початкових інвестиційних витрат

Визначимо першочергові витрати, що необхідні для запуску проекту – ті, які передують основній діяльності та мають бути понесені для її реалізації (табл. 4.9).



Таблиця 4.9 – Загальні початкові інвестиційні витрати

№	Назва етапу	Строки виконання	Обсяги фінансування, тис. грн.
1.	Проведення досліджень	6 тижнів	50 000
2.	Розробка методики розрахунку системи	1 місяць	10 000
3.	Верифікація методики розрахунку чисельними методами	1 тиждень	5 000
4.	Верифікація методики розрахунку натурними експериментами	1 місяць	20 000
5.	Розробка технології монтажу системи	1 місяць	20 000
6.	Створення проектної організації	1 місяць	80 000
7.	Виявлення та усунення помилок в монтажі системи	3 місяці	5 000
Разом		217 днів	190 000

## 4.7.4 Розрахунок виробничих витрат

Визначимо витрати, необхідні для реалізації поточної діяльності за проектом (табл. 4.10).

Таблиця 4.10 – Виробничі витрати

з/п	Стаття витрат	Сукупні витрати за період, тис. грн.				
		2018	2019	2020	2021	2022
.	Загальногосподарські витрати	210	230	270	292	313
.1.	витрати на оренду та утримання приміщень, обладнання	100	100	120	120	120
.2.	комунальні витрати	10	10	10	12	13
.3.	витрати на збут, просування та рекламу	100	120	140	160	180
.	Витрати на матеріальні ресурси (оновлення ПЗ, матеріальної бази)	100	150	150	200	250
.	Витрати на оплату праці	800	800	850	900	920
Разом:		1110	1180	1280	1392	1483

#### 4.7.5. Розрахунок загальних витрат на реалізацію проекту по роках

Проведемо розрахунок загальних витрат на реалізацію проекту на період з 2018 по 2022 роки (табл. 4.11).

Таблиця 4.11 – Загальні витрати на реалізацію проекту по роках

Показник	Значення по роках, тис. грн					Разом
	2018	2019	2020	2021	2022	
Інвестиційні витрати	190	0	0	0	0	190
Виробничі витрати	1110	1180	1280	1392	1483	6445
Обсяг загальних витрат, в тому числі за рахунок	1300	1180	1280	1392	1483	6645
– власних коштів		380	680	792	1000	
– кредиту	300					
– коштів інвестора	1000	800	600	600	483	

#### 4.8. План робіт та партнери проекту

На основі визначених основних бізнес-процесів та інших характеристик проекту визначимо виконавців процесів (партнерів) та результат, який має бути отриманим (табл. 4.12).

Можна виділити чотири типи партнерських відносин: співробітництво між неконкуруючі компаніями; партнерство між конкурентами; спільні підприємства для запуску проектів; відносини виробника з постачальниками, підрядниками та виконавцями певних видів робіт.

Таблиця 4.12 – План робіт та партнери проекту

№	Бізнес-процес проекту	Термін виконання початок – закінчення (місяць, рік)	Виконавець, співвиконавці	Результат
1.	Розробка технічних умов	1 місяць	ТОВ “NRGTEC”	Створення виробничого плану
2.	Погодження з замовником обладнання	4 дні	ТОВ “NRGTEC”	Створення виробничого плану
3.	Погодження проекту з замовником інстанціями	10 днів	ТОВ “Гефест ”	Створення виробничого плану
4.	Закупівля матеріалу	21 днів	ТОВ “Леон сервіс плюс”	Створення виробничого плану
5.	Монтаж обладнання	10 днів	ТОВ “Дельта-терм”	Створення виробничого плану
6.	Пуско-налагоджувальні роботи	2 дні	ТОВ “NRGTEC ”	Створення виробничого плану
7.	Гарантійне обслуговування	-	ТОВ “Вайлант-Україна”	Створення виробничого плану
8.	Після гарантійне обслуговування	-	ТОВ “ Вайлант-Україна ”	Створення виробничого плану

#### 4.9 Грошовий потік та економічна оцінка проекту

##### 4.9.1 Визначення точки беззбитковості проекту

Точка беззбитковості відображає обсяг виробництва інноваційної продукції, при досягненні якого виручка від реалізації покриває сумарні витрати на її виробництво. Розрахунок точки беззбитковості для 2018 року проводиться за формулою (4.1):

$$T_b = \frac{C}{P-V} = \frac{210+800}{350-900/3} = 22[\text{од.}] \quad (4.1)$$

де С – постійні витрати на весь обсяг продукції (ті, які не залежать від обсягу виробництва продукції – загальногосподарські витрати та витрати на оплату праці, визначені в п. 7.4);

Р – ціна одиниці продукції;

V – змінні витрати на одиницю продукції.

#### 4.9.2 Формування грошового потоку від реалізації проекту.

Чистий дисконтований дохід (NPV, Net Present Value) – це різниця між надходженнями за весь період інноваційного проекту та інвестиціями в проект.

Таблиця 4.13 – Формування грошового потоку від реалізації проекту

№	Показник	Значення по роках					Разом
		2018	2019	2020	2021	2022	
1.	Надходження від проекту (виручка від реалізації продукції, послуг – див. п. 7.2) (D)	1050	1750	2100	2450	2800	10150
2.	Загальні витрати (див. п. 4.7.5) (I), в тому числі	1300	1180	1280	1392	1483	6645
3.	Грошовий потік (3 = 1 – 2) (CF)	- 250	570	820	1058	1317	3515 NPV > 0
4.	Акумуляований грошовий потік (ACF)	-250	320	1140	2198	3515 (NPV)	-

Проект доцільно прийняти, оскільки  $NPV > 0$  протягом розрахункового періоду

#### 4.9.3 Розрахунок індексу рентабельності інвестицій в проект

Оскільки інвестиція не одноразова, то

$$ROI = \sum_T D_t / \sum_T I_t = 10150 / 6645 = 1,53 \quad (4.2)$$

де  $D_t$  – надходження у відповідному періоді;

$I_t$  – інвестиція у відповідному періоді.

Показник  $ROI > 1$ , отже інноваційний проект доцільно прийняти. Даний критерій  $ROI$  використовують при виборі певного проекту із декількох альтернативних, у яких  $NPV$  приблизно однакові.

#### 4.9.4 Період окупності інвестицій

Період окупності інвестицій ( $T_{ок}$ ) – це розрахунковий термін від початку реалізації проекту, починаючи з якої акумульований грошовий потік ( $ACF$ ) приймає стійке позитивне значення. Іншими словами, це – період (вимірюваний в місяцях, кварталах або роках), починаючи з якого первинні вкладення і інші витрати, пов'язані з інвестиційним проектом, покриваються сумарними результатами його здійснення.

Термін окупності розраховується за формулою (4.3):

$$T_{ок} = t + \frac{|ACF_t|}{|ACF_t| + |ACF_{t+}|} = 12 + 250 / (250 + 320) = 12,44 \quad (4.3)$$

де  $t$  – останній періоду реалізації проекту, при якому акумульований грошовий потік (різниця накопиченого доходу і витрат) приймає від'ємне значення;

$ACF_{t-}$  – це остання від’ємна різниця накопиченого доходу та витрат (грн.);

$ACF_{t+}$  – це перша позитивна різниця накопиченого доходу та витрат (грн.).

Отже, на 13-му місяці після початку реалізації проект повністю окупить себе.

В результаті розробки стартап проекту сформовано резюме бізнес моделі, визначено канву бізнес моделі, проведено SWOT аналіз. Визначено основні особливості для організації проекту, ключові види діяльності, спрямованість проекту, висновок щодо науково-технічного рівня ідеї, основні бізнес процеси проекту. Сформовано цільову аудиторію споживачів даної технології, споживчу цінність проекту. Проаналізовано ідею проекту, визначено основних конкурентів. Описано прогнозовані канали збуту системи. Обґрунтовано необхідні ресурси та витрати для формування проекту. Сформовано ціну, орієнтовний обсяг виробництва та початкові інвестиційні витрати. Проведено розрахунок виробничих витрат, та реалізацію проекту по роках. Визначено ключових партнерів проекту, без співпраці з якими, фактично не можливо формувати кінцевий продукт. При аналізі грошового потоку та економічній оцінці проекту визначено точку беззбитковості проекту та формування грошового потоку від реалізації проекту. Для приваблення інвесторів виконано оцінку окупності інвестицій та рентабельності проекту. В підсумку визначено, що проект окупить себе на 13-му місяці після початку реалізації за прогнозованих умов.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Робота з комп'ютером характеризується значною розумовою напругою і нервово-емоційним навантаженням операторів, високою напруженістю зорової роботи і навантаженням на м'язи рук при роботі з клавіатурою ПЕОМ. Велике значення має раціональна конструкція і розташування елементів робочого місця, що важливе для підтримки оптимальної робочої пози людини-оператора, а недостатня освітленість робочих місць користувачів ПК та наявність відблисків від екрану монітора спричиняють великі незручності та при тривалому впливі – погіршення зорових якостей ока людини.

Так як у даній дипломній роботі виконувалося моделювання температурного режиму будівлі при термомодернізації частини будівлі п'ятого корпусу з використанням термоактивних конструкцій, то основним завданням даного розділу є забезпечення та підтримка умов праці при роботі з ВДТ ПЕОМ з урахуванням вимог ДСанПІН 3.3.007-98, ДНАОПО.00-1.31-99, ДСТУ ISO 9241:6-2006.

В даному розділі дипломної роботи запропоновані технічні рішення та організаційні заходи щодо забезпечення комфортних та безпечних умов праці, а також розглянуті питання з гігієни праці й виробничої санітарії і безпеки в надзвичайних ситуаціях.

### 5.1 Електробезпека

У процесі експлуатації електронно-обчислювального обладнання людина може доторкнутися до частин електроустаткування, які перебувають під напругою. Оцінка небезпеки дотику до струмоведучих частин відноситься до визначення сили струму, що протікає через тіло людини, і порівняння його із допустимим значенням відповідно до ГОСТ 12.1.038-88. У загальному випадку допустима величина струму, що протікає через тіло

людини, залежить від схеми підключення електроустаткування до електромережі, роду й величини напруги живлення, схеми включення.

При виконанні розрахунків для магістерської дисертації використовувався персональний комп'ютер - I і II клас захисту, що живиться напругою 230 В. Для правильного визначення необхідних засобів та заходів захисту від ураження електричним струмом необхідно знати допустимі значення напруг доторкання та струмів, що проходять через тіло людини.

Напруга доторкання - це напруга між двома точками електричного кола, до яких одночасно доторкається людина. Гранично допустимі значення напруги доторкання та сили струму для нормального (безаварійного) та аварійного режимів електроустановок при проходженні струму через тіло людини по шляху «рука – рука» чи «рука – ноги» регламентуються ГОСТ 12.1.038-88 (табл.5.1 та 5.2).

Таблиця 5.1 – Граничнодопустимі значення напруги доторкання  $U_{\text{доп}}$  та сили струму  $I_{\text{л}}$ , що проходить через тіло людини при нормальному режимі електроустановки

Вид струму	$U_{\text{доп}}$ , В(не більше)	$I_{\text{л}}$ , мА (не більше)
Змінний, 50 Гц	2	0,3
Змінний, 400 Гц	3	0,4
Постійний	8	1,0

Граничнодопустимі значення сили струму (змінного та постійного), що проходить через тіло людини при тривалості дії більше ніж 1 с нижчі за пороговий не відпускаючий струм, тому при таких значеннях людина, доторкнувшись до струмопровідних частин установки, здатна самотійно звільнитися від дії електричного струму.



Таблиця 5.2 – Гранично допустимі значення напруги доторкання  $U_{\text{доп}}$  та  $I_{\text{л}}$ , що проходить через тіло людини при аварійному режимі електроустановки

Вид струму	Нормоване значення	Тривалість дії струму $t$ , с					
		0,1	0,2	0,5	0,7	1,0	>1,0
Змінний, 50 Гц	$U_{\text{доп}}$ , В	500	250	100	70	50	36
	$I_{\text{л}}$ , мА	500	250	100	70	50	6
Постійний	$U_{\text{доп}}$ , В	500	400	250	230	200	40
	$I_{\text{л}}$ , мА	500	400	250	230	200	15

Основними технічними засобами, що забезпечують безпеку робіт (згідно ПУЕ-87, ГОСТ 12.1.009-76) є: надійна ізоляція, захисне заземлення, занулення, захисне відключення, засоби індивідуального захисту. У системі трифазних мереж із глухо заземленою нейтраллю, яка використовується у науково-дослідницькій лабораторії, найкращими засобами захисту є: надійна ізоляція струмоведучих частин електроустаткування відповідно до ГОСТ 12.1.009-76 і занулення відповідно до ПУЕ (з'єднання елементів, що перебувають під напругою, із глухо заземленою нейтраллю). Крім того, для заземлення переносних частин обладнання застосовують спеціальне з'єднання.

5.1.1. Розрахунок захисного відключення електромережі при аварійному режимі роботи електрообладнання

Виконаємо розрахунок ланцюга захисного відключення фазного проводу при короткому замиканні (КЗ). Струм КЗ можна обчислити за формулою:

$$I_{\text{КЗ}} = \frac{U_{\phi}}{R_0 + R_{\phi} + Z_{\text{тр}}} \quad (5.1)$$

де  $U_{\Phi} = 230 \text{ В}$  - напруга фазного проводу;

$R_0 = 4 \text{ Ом}$  - опір нульового проводу;

$R_{\Phi} = 7 \text{ Ом}$  - опір фазного проводу;

$Z_{TP} \cong 0,1 \text{ Ом}$  - еквівалентний опір трансформатора.

$$I_{кз} = \frac{230}{4+7+0,1} = 20,72 [\text{А}]$$

Струм спрацьовування автоматів захисту з електромагнітним розпилювачем повинен бути в 1,4 рази менше струму короткого замикання при струмі до 100 А.

$$I_{спр} = \frac{20,72}{1,4} = 14,8 [\text{А}]$$

Таким чином, струм спрацьовування автомата повинен бути менше 14,8 А. Розрахуємо напругу дотику до корпусів електрообладнання при короткому замиканні:

$$I_{доп} = I_{кз} \cdot R_0 = 20,72 \cdot 3 = 62,16 [\text{А}]$$

Відповідно до ГОСТ 12.1.038-88, щоб ця напруга була безпечна для людини, необхідно використовувати автомати максимального струмового захисту у яких час спрацьовування менше 0,8 с.

Автомати максимального струмового захисту, встановлені у науково-дослідницькій лабораторії задовольняють цим умовам ( $I_{СПР} < 14,8 \text{ А}$ ,  $T_{СПР} < 0,8 \text{ с.}$ ).

Із проведених розрахунків видно, що у науково-дослідницькій лабораторії основним захистом від поразки електричним струмом є занулення та застосування пристроїв максимального струмового захисту.

### 5.1.2 Заходи щодо поліпшення умов праці в науково-дослідній лабораторії

На підставі проведеного аналізу можна зробити висновок про доцільність застосування повторного заземлення нульового проводу електромережі, що дозволяє зменшити напругу дотику, як при нормальному так і при аварійному режимах роботи електрообладнання.

Правила улаштування електроустановок (ПУЕ) обмежують найбільші опори заземлення,  $R_D$ : при сумарній потужності генераторів або трансформаторів в мережі живлення не більше 100кВт або 100 кВА – 10 Ом; в інших випадках – 4 Ом.

При використанні штучного заземлення повинна виконуватись умова  $R < R_D$ .

Нехай тип заземлення – вертикальний електрод – стержень довжиною 4 м і діаметром  $d = 0.01$ м. Питомий опір ґрунту  $\rho$  - 100 Ом · м (для суглинку). З урахуванням кліматичного коефіцієнта  $\Phi = 2$ , маємо:

$$\rho_{\text{розр}} = \rho \cdot \Phi = 200 [\text{Ом} \cdot \text{м}]$$

Визначимо опір розтікання струму заземлювачів:

$$R_{\text{ІВ}} = \frac{\rho}{2\pi L} \times \left[ \ln \left( \frac{2L}{d} \right) + 0,5 \times \ln \left( \frac{4t+L}{4t-L} \right) \right] \quad (5.2)$$

де  $\rho = 200 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ ;  $L = 4 \text{ м}$ ;  $d = 0,01 \text{ м}$ ;  $t = 4 \text{ м}$ .

Підставивши числові значення, маємо:

$$R_{1B} = \frac{200}{2\pi \cdot 4} \cdot \left[ \ln\left(\frac{2 \cdot 4}{0,01}\right) + 0,5 \cdot \ln\left(\frac{4 \cdot 4 + 4}{4 \cdot 4 - 4}\right) \right] = 55,2 [\text{Ом}]$$

Таким чином, опір штучного заземлювача більше нормованого значення, тому необхідно паралельно з'єднати декілька однотипних заземлювачів:

$$R_{3B\Sigma} = \frac{R_1}{n \cdot \eta_E}$$

де  $\eta_E \approx 0,5$  – коефіцієнт, що враховує взаємне екранування заземлювача;  $n = 20$ ;  $L/a = 1$  ( $a$  – відстань між заземлювачами), заземлювачі розташовані по контуру.

$$R_{3B} = 5,52 [\text{Ом}]$$

Довжина сполучної смуги:

$$L_{\text{СПОЛ}} = \alpha \cdot n = 4 \cdot 20 = 80 [\text{м}]$$

Ширина смуги 0.02м, а відстань від смуги до поверхні землі 1м. Тоді опір розтікання струму сполучної смуги:

$$R_{\pi} = \frac{\rho}{2\pi \cdot L_{\text{СПОЛ}}} \cdot \ln\left(\frac{2 \cdot L_{\text{СПОЛ}}^2}{B_{\text{СПОЛ}} \cdot H_{\text{СПОЛ}}}\right) = \frac{200}{2\pi \cdot 80} \cdot \ln\left(\frac{2 \cdot 80^2}{0,01 \cdot 1}\right) = 5,32 [\text{Ом}]$$

З урахуванням коефіцієнта використання смуг  $\eta_{\Pi} = 0,8$ :

$$R_{\Pi} = \frac{R_{\Pi}}{\eta_{\Pi}} = 6,65 [\text{Ом}]$$

Еквівалентний опір заземлювача складається з паралельно включених  $R_{\Pi}$  і  $R_{зв}$ :

$$R_{\text{ЕКВ}} = \frac{R_{\Pi} \cdot R_{зв\Sigma}}{R_{\Pi} + R_{зв\Sigma}} = \frac{5,52 \cdot 6,65}{5,52 + 6,65} = 3,1 [\text{Ом}]$$

Отримане значення опору заземлювача менше гранично допустимого  $R_{\text{Д}}$ .

5.1.3 Технічні рішення та організаційні заходи з гігієни праці та виробничої санітарії.

Згідно законодавства України умови праці в робочих приміщеннях повинні відповідати нормам охорони праці.

В робочому приміщенні, в якому буде експлуатуватись програмний продукт, знаходиться п'ять робочих місць. На вимогу НПАОП 0.00-1.28-10 об'єм простору для однієї людини в лабораторії з ЕОМ повинен бути не менше 20 м<sup>3</sup>, а площа не менше 6 м<sup>2</sup>.

Геометричні характеристики індивідуального робочого місця повинні відповідати значенням, наведеним в таблиці 5.3

При оформленні дизайну робочої кімнати не повинні використовуватись предмети, що містять шкідливі речовини, які можуть виділятися у повітря. Таким чином приміщення відповідатиме НПАОП 0.00-1.28-10.

Таблиця 5.3 – Нормативні характеристики

Параметри	Норматив, мм
Висота простору для ніг	від 600
Висота робочої поверхні	680-800
Висота сидіння над рівнем підлоги	400-500
Висота спинки стільця	300+/- 20
Відстань від екрану до очей	600-700
Глибина простору для ніг	від 650
Глибина робочої поверхні	800-1000
Глибина сидіння	від 400
Ширина простору для ніг	від 500

Конструкція робочого столу повинна забезпечувати оптимальне розміщення на робочій поверхні використовуваного обладнання (монітор, клавіатури, принтера) і документів. Висота робочої поверхні столу має регулюватися в межах (680 ... 800) мм, а ширина і глибина - забезпечувати можливість виконання операцій в зоні досяжності моторного поля (рекомендовані розміри: (600 ... 1400) мм, глибина – (800 .. 1000) мм). Робочий стіл повинен мати простір для ніг висотою не менше 600 мм, шириною не менше 500 мм, глибиною на рівні колін - не менше 450 мм, на відстані витягнутої ноги-менше 650 мм.

Робочий стілець повинен бути підйомно-поворотним, регульованим по висоті, з кутом нахилу сидіння і спинки, і за відстанню спинки від переднього краю сидіння поверхня сидіння має бути плоскою, передній край — заокругленим.

Висота поверхні сидіння в межах (400...500) мм, а ширина і глибина становити не менше 400 мм. Кут нахилу вперед до 15 град. вперед і до 5 град.

назад. Висота спинки ( $300 + -20$ ) мм, ширина - не менше 380 мм, радіус кривизни горизонтальної площини - 400 мм.

## 5.2 Мікроклімат робочої зони

Оптимальні мікрокліматичні умови – поєднання параметрів мікроклімату, які при тривалому та систематичному впливі на людину забезпечують зберігання нормального теплового стану організму без активізації механізмів терморегуляції. Вони забезпечують відчуття теплового комфорту та створюють передумови для високого рівня працездатності.

Робітникам, які працюють за обчислювальною технікою рекомендується оптимальні показники мікроклімату повітря, так як мікроклімат впливає на самопочуття і працездатність робітників. Оптимальні значення мікроклімату вказані для категорії важкості робіт «Легка 1а».

У повітрі забруднення немає. Малі забруднення людьми, папером, пилом. Всі вказані речовини не перевищують середньодобової норми.

Повітряне середовище в розглянутому робочому приміщенні характеризується мікрокліматом, запиленістю та загазованістю. Мікроклімат приміщення обумовлюється сукупністю умов, що діють на організм людини. До таких умов відносяться - температура повітря, його відносна вологість, швидкість руху повітря та інтенсивність теплового випромінювання.

Параметри мікроклімату в приміщенні і відповідні нормовані значення наведені в таблиці 5.4.

Оптимальні параметри мікроклімату на робочих місцях повинні бути досягнені, в першу чергу, за рахунок раціонального планування виробничих приміщень і оптимального розміщення в них устаткування з тепло-, холодо- та вологовиділеннями. Для зменшення термічних навантажень на працюючих передбачається максимальна механізація, автоматизація та дистанційне управління технологічними процесами і устаткуванням.

Таблиця 5.4 - Параметри мікроклімату

Параметр	Фактичне значення	Нормоване значення
Температура в теплий період t °C	24	від 22 до 24
Температура в холодний період t °C	21	від 21 до 23
Відносна вологість W, %	50	60...40
Швидкість руху повітря V, м/с	менше 0,15	0,2

### 5.3 Освітлення робочих місць користувачів ВДТ ПЕОМ

Вид освітлення в приміщенні – суміщений, тому що в приміщенні, що аналізується міститься бічне природне освітлення і загальне штучне освітлення.

Так як найменший предмет розрізнення при роботі – піксель, то розряд зорової роботи – II, ( $I_{\min}=0.15$  -0,3мм.), у відповідності з ДБН В.2.5-28-2006 нормативні значення КЕО=1,5%,  $i=1/7-1/6$ .

Для здійснення загального штучного освітлення рекомендується встановити 8 світильників типу ЛОУ по 4 лампи в кожному. Світильники потрібно розмістити в два ряди. Для освітлення використовуються газорозрядні лампи Sylvania Activa F36W (напруга – 230 В, потужність 36 Вт, світловий потік – 2100 лм).

Розрахунок фактичної освітленості (E) виконуємо за формулою:

$$E = \frac{NnF_1\mu}{SK_z},$$

де N – кількість світильників в приміщенні (N = 8);

n – кількість ламп в світильниках (n = 4);

F1 – світловий потік лампи (F1 = 2100 лм);



$\mu$  – коефіцієнт використання світлового потоку ( $\mu=0,26$ )

$S$  – площа приміщення ( $S = 38,54 \text{ м}^2$ );

$K_z$  – коефіцієнт запасу ( $K_z = 1,5$ ).

Підставивши всі значення отримаємо:

$$E = \frac{NnF_l\mu}{SK_z} = \frac{8 \cdot 4 \cdot 2100 \cdot 0,26}{38,54 \cdot 1,5} = 302,2 [\text{лк}]$$

На основі розрахунку можна зробити висновок, що рівень освітленості задовольнятиме вимогам (300лк) ДБН В.2.5-28-2018, так як допускається відхилення фактичного значення від нормативного на 10%.

#### 5.4 Виробничий шум

Нормування і контроль шуму здійснюється відповідно до ДСН 3.3.6.037-99 “Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку”. Шум підвищеного рівня несприятливо діє на організм людини. Об'єктивно деякий ризик у виробничому середовищі виникає, зокрема, через використання в роботі комп'ютерної та оргтехніки: персональних комп'ютерів, принтерів, копіювальних апаратів, стаціонарних і мобільних телефонів, факсів. Відповідно до ДСН 3.3.6.037-99 рівень шуму під час роботи в офісі повинен знаходитися на рівні 50 дБА.

Проведемо аналіз середнього рівня шуму за трьома джерелами шуму.

Основними джерелами шуму в приміщенні є:

- принтер,  $L_1=40\text{дБА}$ ;
- жорсткий диск,  $L_2=20\text{дБА}$ ;
- кулер,  $L_3=23\text{дБА}$ ;
- DVD-RW привід  $L_4=39 \text{ дБА}$

Визначимо сумарний рівень шуму за наступною формулою:

$$L=10\log(10^{L_1/10}+10^{L_2/10}+...+10^{L_n/10})$$

Підрахуємо значення:

$$L=10\log(10^{40/10}+10^{20/10}+10^{23/10}+10^{39/10})=42,61[\text{дБА}]$$

За отриманими результатами видно, що рівень шуму не перевищує допустимого значення встановленого по ДСН 3.3.6.037-99, 50 дБА. Тому додаткових заходів по зниженню рівня шуму в розглянутому приміщенні вживати не потрібно.

### 5.5 Електромагнітне поле ВДТ ПЕОМ

В офісному приміщенні, в якому тестувався розроблений програмний продукт дипломної роботи, знаходяться 2 ЕОМ із сучасними моніторами LG Electronics 23EA53T-P. В сучасних моніторах основне випромінювання (електромагнітне, іонізуюче, ультрафіолетове та інфрачервоне) відводиться від користувача в гору та в сторони та не представляє для робітника загрози. Робочі столи розташовані таким чином уздовж стін, щоб робітники не опромінювалися від працюючого по сусідству монітора. Додаткових заходів по убезпеченню працівників від шкідливого випромінювання вживати не потрібно. Стандарт встановлює чіткі норми відносно ергономічності відображення (розширення, яскравість та контрастність, частота зміни відображення, захист від відблисків та інше), а також, рівня електромагнітних та іонізуючих випромінювань. Перед введенням в експлуатацію обладнання, проводиться перевірка сертифікації на відповідність з чинним українським стандартом (таблиця 5.5).

Таблиця 5.5 Допустимі параметри електромагнітних неіонізуючих випромінювань і електростатичного поля

Види поля	Допустимі параметри поля		Допустима поверхнева густина потоку (інтенсивність потоку енергії), Вт/м <sup>2</sup>
	За електричною складовою (E), Во/м	За магнітною складовою (H), А/м	
Напруженість електромагнітного поля			
60 кГц до 3 мГц	50	5	
3 кГц до 30 мГц	20	-	
30 кГц до 50 мГц	10	0,3	
30 кГц до 300 мГц	5	-	
300 кГц до 300 гГц	-	-	10 Вт/м <sup>2</sup>
Електромагнітне поле оптичного діапазону в ультрафіолетовій частині спектру			
УФ-С (220-280 нм)			0,001
УФ-В (280-320 нм)			0,01
УФ-А (320-400 нм)			10
в видимій частині спектру:	-	-	
400-760 нм,			10,0
в інфрачервоній частині спектру:			
0,76-10,0 мкм			35,0...70,0

Продовження таблиці 5.5

Види поля	Допустимі параметри поля		Допустима поверхнева густина потоку (інтенсивність потоку енергії), Вт/м <sup>2</sup>
	За електричною складовою (E), Во/м	За магнітною складовою (H), А/м	
Напруженість електричного поля ВДТ			20 кВ/м

Монітор, що використовувався при роботі з ПЕОМ відповідає вище приведеним умовам.

### 5.6 Безпека у надзвичайних ситуаціях

Безпека в надзвичайних ситуаціях регламентується ПЛАС. Основними складовими якого є: розробка технічних рішень та організаційних заходів щодо оповіщення, евакуації та дій персоналу у разі виникнення надзвичайних ситуацій, а також визначення основних заходів з пожежної безпеки.

### 5.7 Організація ефективної роботи системи оповіщення виробничого персоналу у разі виникнення надзвичайної ситуації

Щоб підвищити безпеку персоналу в надзвичайних ситуаціях (НС) необхідно встановити систему оповіщення (СО) виробничого персоналу.

Оповіщення виробничого персоналу у разі виникнення НС здійснюється відповідно до вимог НАПБ А.01.003-2009. Оповіщення про НС персоналу та організація евакуації здійснюється одним з наступних способів або їх комбінацією:

- поданням звукових і/або світлових сигналів в усі виробничі приміщення будівлі з постійним або тимчасовим перебуванням людей;
- трансляцією текстів про необхідність евакуації, шляхи евакуації, напрямки руху й інші дії, спрямовані на забезпечення безпеки людей;
- трансляцією спеціально розроблених текстів, спрямованих на запобігання паніці та інших явищ, що ускладнюють евакуацію; - ввімкненням евакуаційних знаків "Вихід";
- ввімкненням евакуаційного освітлення та світлових показників напрямку евакуації;
- дистанційним відкриванням дверей евакуаційних виходів.

Як правило, СО вмикається автоматично від сигналу про НС, який формується системою пожежної сигналізації або системою пожежогасіння. Також з приміщення оперативного (чергового) персоналу СО (диспетчера пожежного поста) слід передбачати можливість запуску СО вручну, що забезпечує надійну роботу СО не тільки при пожежі, а і у разі виникнення будь-якої іншої НС. Згідно з вимогами ДБН В.1.1-7-2002 необхідно забезпечити можливість прямої трансляції мовленнєвого оповіщення та керівних команд через мікрофон для оперативного реагування в разі зміни обставин або порушення нормальних умов евакуації виробничого персоналу.

Оповіщення виробничого персоналу про НС (пожежу) здійснюється за допомогою світлових та (або) звукових оповіщувачів, якими обладнуються всі виробничі приміщення. СО повинна розпочати трансляцію сигналу оповіщення про НС (пожежу) не пізніше трьох секунд з моменту отримання сигналу про НС (пожежу).

Пульти управління СО необхідно розміщувати у приміщенні пожежного поста, диспетчерської або іншого спеціального приміщення (в

разі його наявності). Ці приміщення повинні відповідати вимогам ДБН В.2.5-56-2014.

Кількість звукових та мовленнєвих оповіщувачів, їх розміщення та потужність повинні забезпечувати необхідний рівень звуку в усіх місцях постійного або тимчасового перебування виробничого персоналу. Звукові оповіщувачі повинні комбінуватися зі світловими, які працюють у режимі спалахування, у випадках, коли працюючи перебувають у шумозахисному спорядженні або у приміщеннях з рівнем шуму понад 95 дБ.

Допускається використовувати евакуаційні світлові покажчики, що автоматично вмикаються при отриманні СО командного імпульсу про початок оповіщення про НС (пожежу) та (або) аварійному припиненні живлення робочого освітлення, якщо вони відповідають вимогам ДБН В.2.5-28-2006 "Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення".

СО в режимі "Тривога" повинна функціонувати протягом часу, необхідного для евакуації людей з будинку, але не менше 15 хвилин.

Вихід з ладу одного з оповіщувачів не повинен призводити до виведення з ладу ланки оповіщувачів, до якої вони під'єднанні.

Електропостачання СО здійснюється за I категорією надійності згідно з "Правилами улаштування електроустановок" (ПУЕ) від двох незалежних джерел енергії: основного - від мережі змінного струму, резервного - від акумуляторних батарей тощо.

Перехід з основного джерела електропостачання на резервний та у зворотному напрямку в разі відновлення централізованого електропостачання повинен бути автоматичним.

Тривалість роботи СО від резервного джерела енергії у черговому режимі має бути не менш 24 годин.

Тривалість роботи СО від резервного джерела енергії у режимі "Тривога" має бути не менше 15 хвилин.

Звукові оповіщувачі повинні відповідати вимогам ДСТУ, EN 54-3:2003 "Системи пожежної сигналізації. Частина 3. Оповіщувачі пожежні звукові".

Світлові оповіщувачі, які працюють у режимі спалахування, повинні бути червоного кольору, мати частоту мигтіння в межах від 0,5 Гц до 5 Гц та розташовуватись у межах прямої видимості з постійних робочих місць.

#### 5.8 Обов'язки та дії персоналу у разі виникнення надзвичайної ситуації

У разі виявлення ознак надзвичайної ситуації працівник персоналу повинен:

- негайно повідомити про це засобами зв'язку органи ДСНС та Державну пожежну охорону, вказати при цьому адресу кількості поверхів, місце виникнення НС, наявність людей, а також ФІО;

- повідомити про НС керівника, адміністрацію та пожежну охорону підприємства; – організувати оповіщення людей про НС;

- вжити заходів щодо евакуації людей та матеріальних цінностей;

- вжити заходів щодо ліквідації наслідків НС з використанням наявних засобів. Керівник та пожежна охорона установи, яким повідомлено про виникнення НС повинні:

- перевірити, чи викликано підрозділи ДСНС та Державної пожежної охорони; – вимкнути у разі необхідності струмоприймачі та вентиляцію;

- у разі загрози життю людей негайно організувати їх евакуацію та рятування, вивести за межі небезпечної зони всіх працівників, які не беруть участь у ліквідації НС;

- перевірити здійснення оповіщення людей про НС;

- забезпечити дотримання техніки безпеки працівниками, які беруть участь у ліквідації НС;

- організувати зустріч підрозділів ДСНС та Державної пожежної охорони, надати їм допомогу у локалізації та ліквідації наслідків НС. Після

прибуття підрозділів ДСНС та Державної пожежної охорони повинен бути забезпечений безперешкодний доступ їх до місця, де виникла НС.

### 5.9 Пожежна безпека

Пожежна безпека – стан об’єкта, за якого з регламентованою імовірністю

виключається можливість виникнення і розвитку пожежі та впливу на людей її небезпечних факторів, а також забезпечується захист матеріальних цінностей.

У аналізованому приміщенні знаходяться горючі і важко горючі речовини та горючі матеріали: меблі з дерева та пластикових елементів, папір, книги, лінолеумова підлога, пластикові корпуси моніторів, інша техніка. Тому згідно НАПБ Б.03.002-2007 приміщення відноситься до категорії В пожежонебезпечності, за ступенем пожежної небезпеки приміщення належить до класу П-Па згідно до ДНАОП 0.00-1.32-01.

Можливими причинами виникнення пожежі можуть бути коротке замикання або перевантаження електромережі, несправність електрообладнання, порушення вимог пожежної безпеки (використання побутових обігрівачів, використання електрообладнання).

За Правилами пожежної безпеки України (ППБУ-95) на кожні 20 м<sup>2</sup> приміщенні потрібно встановити два вогнегасники. В офісному приміщенні із площею 36 м<sup>2</sup>, відповідно до вимог ДБН В2.5-56-2014 встановлено датчики централізованої пожежної сигналізації, а також відповідно до вимог ДСТУ 3675-98 та ISO3941-77 — чотири вогнегасники, два вуглекислотних «ОУ-5» та два порошкових «ОП-2». «ОУ-5» розташований на висоті 1,5 м від підлоги поруч із вихідними дверима. Двері до приміщення відкриваються назовні.

У коридорі знаходяться коробки, у яких знаходиться пожежний кран і рукав, а також знаходиться вогнегасник типу «ОХП-2».



В обох кінцях коридору знаходяться телефонні апарати, над якими знаходяться таблички з номерами телефонів для виклику внутрішньої, а також, якщо потрібно, міської пожежної охорони.

У приміщенні виконані всі вимоги НАПБ А.01.001-2004 «Правил пожежної безпеки України». Таким чином, у аналізованому офісному приміщенні забезпечуються технічні та організаційні рішення з пожежної безпеки.

Предбачені наступні заходи згідно з НАПБ А.01.001-2004:

- кабелі електропроводки вибираються за струмовим навантаженням, з негорючою ізоляцією;
- в приміщенні є резервні кабельні мережі;
- обов'язкове дотримання норм і правил при обслуговуванні обладнання.

#### 5.10 План евакуації персоналу при виникненні надзвичайної ситуації

Для евакуації людей з будівлі передбачено „План евакуації людей та матеріальних цінностей при виникненні пожежі”. Плани евакуації розміщені на кожному поверсі будівлі. Мінімальний час евакуації з приміщення не перевищує допустиме значення (1,25 хв.) згідно ДБН В.1.1-7:2016, СНиП 2.09.02-85.

Для забезпечення безпечної евакуації людей повинні передбачатися заходи, спрямовані на:

- створення умов для своєчасної та безперешкодної евакуації людей у разі виникнення пожежі;
- захист людей на шляхах евакуації від дії небезпечних чинників пожежі;
- евакуація людей у разі пожежі повинна передбачатися по шляхах евакуації через евакуаційні сходи та сходові клітки.

В даному розділі були розглянуті питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях. Описано вимоги до робочого місця (оптимальні комфортні умови) при моделюванні системи теплозабезпечення (при роботі з ПЕОМ). Визначено особливості мікроклімату при роботі з ПЕОМ.

Описано вимоги до рівня освітленості при вищезгаданих умовах та допустимий рівень шуму, що не перевищує діючих норм. Розглянуто питання різних типів випромінювання при роботі з ПЕОМ та проаналізовано рівень впливу на людину, що працює на робочому місці.

Розкрито питання безпеки в надзвичайних ситуаціях, описано організацію ефективної роботи систем оповіщення виробничого персоналу у разі виникнення надзвичайної ситуації та визначено обов'язки та дії персоналу у разі виникнення надзвичайної ситуації. В кінці розділу описано питання протипожежної безпеки та дії при виникненні пожежі.

## ВИСНОВКИ

В даній роботі було розглянуто питання термостабілізації будівель. Сформовано математичну модель для приміщення. Описано системи термоактивних конструкцій, що застосовуються, визначено їх слабкі та сильні сторони. Розглянуто інші методи «пасивних» систем охолодження, визначено, що як основні системи кондиціонування їх в повній мірі застосовувати не є техніко-економічно доцільним, проте, як доповнюючі системи для міжсезоння необхідно брати до уваги.

Описано систему теплопостачання із застосуванням теплового насосу та низькопотенційним джерелом (каналізаційні стоки). Ця система дозволяє досягти більшої ефективності використання випарно-конденсаційного циклу, за рахунок роботи з меншою різницею температур між подаючою магістраллю теплового насосу та температурою низькопотенційного джерела.

В розділі 2 було описано систему термоактивного утеплення, проаналізовано схеми систем теплопостачання та запропоновано кілька варіантів схемних рішень для забезпечення поставленої задачі. Було розглянуто як найпростішу схему системи теплозабезпечення (рис. 2.3) так і більш досконалу (рис. 2.4) що дозволяє значно заощадити на термостабілізації будівель. Показано також принципову схему розподілення нагрівальних контурів по фасаду будівлі. Представлено також схему (рис. 2.6) що дозволяє швидко та ефективно забезпечити догрів приміщення, або може бути використана в доповнення до існуючої системи термостабілізації.

Як показує аналіз отриманих даних середньорічні витрати енергії на опалення в при використанні системи активного утеплення опалення складають близько 2500...3000 кВт·год. При використанні існуючої системи це значення сягає 20000 кВт·год. Таким чином, витрати енергії (в роботі наведено приведену енергію для спрощеного аналізу, оскільки тепловий насос споживає електричну енергію для роботи компресора, а існуюча

система теплопостачання – теплову енергію, що зазвичай виражена в Гкал) на опалення приміщень об'єкту фактично зменшуються у 8 разів. Це пов'язано із використанням низькотемпературної системи опалення з тепловим насосом в якості джерела теплоти. Встановлено, що потреба в холодильній потужності в 1.3 рази нижче, ніж в тепловій потужності, тобто твердження про можливе перевищення холодильної потужності над тепловою [1] наразі не є актуальним для наших умов та категорії енергоефективності даної будівлі. В контексті зменшення тепловтрат, та при досягненні показнику в  $20...30 \text{ Вт/м}^2$  воно, можливо, буде доцільним (необхідні додаткові експерименти та аналіз для підтвердження цього твердження). Про це свідчить той факт, що основний вклад складову теплонадходжень в літній період вносить рівень сонячної інсоляції. Тому поряд із зменшенням тепловтрат (теплопритоків) важливо також збільшувати коефіцієнт відбивання вікон, тобто застосовувати скло з антидифузійними покриттями.

В результаті розробки стартап проекту сформовано резюме бізнес моделі, визначено канву бізнес моделі, проведено SWOT аналіз. Визначено основні особливості для організації проекту, ключові види діяльності, спрямованість проекту, висновок щодо науково-технічного рівня ідеї, основні бізнес процеси проекту. Сформовано цільову аудиторію споживачів даної технології, споживчу цінність проекту. Проаналізовано ідею проекту, визначено основних конкурентів. Описано прогнозовані канали збуту системи. Обґрунтовано необхідні ресурси та витрати для формування проекту. Сформовано ціну, орієнтовний обсяг виробництва та початкові інвестиційні витрати. Проведено розрахунок виробничих витрат, та реалізацію проекту по роках. Визначено ключових партнерів проекту, без співпраці з якими, фактично не можливо формувати кінцевий продукт. При аналізі грошового потоку та економічній оцінці проекту визначено точку беззбитковості проекту та формування грошового потоку від реалізації проекту. Для приваблення інвесторів виконано оцінку окупності інвестицій

та рентабельності проекту. В підсумку визначено, що проект окупить себе на 13-му місяці після початку реалізації за прогнозованих умов.

В розділі 5 були розглянуті питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях. Описано вимоги до робочого місця (оптимальні комфортні умови) при моделюванні системи теплозабезпечення (при роботі з ПЕОМ). Визначено особливості мікроклімату при роботі з ПЕОМ.

Описано вимоги до рівня освітленості при вищезгаданих умовах та допустимий рівень шуму, що не перевищує діючих норм. Розглянуто питання різних типів випромінювання при роботі з ПЕОМ та проаналізовано рівень впливу на людину, що працює на робочому місці.

Розкрито питання безпеки в надзвичайних ситуаціях, описано організацію ефективної роботи систем оповіщення виробничого персоналу у разі виникнення надзвичайної ситуації та визначено обов'язки та дії персоналу у разі виникнення надзвичайної ситуації. В кінці розділу описано питання протипожежної безпеки та дії при виникненні пожежі.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Frank T. Climate change impacts on building heating and cooling energy demand in Switzerland *Energy and Building 37 Elsevier*, 2005. Vol. 10, P. 1175-1185.
2. The World Meteorological Organization. URL: <https://public.wmo.int/>
3. Фокин, В.М. Основы энергосбережения и энергоаудита. Москва : Машиностроение - 1, 2006. 256 с.
4. Еремкин А.И., Королева Т.И. Тепловой режим зданий : Москва: Издательство АСВ, 2000. 368 с.
5. Коржнева Т.Г., Ушаков В.Я., Овчаров А.Т. Анализ теплопотерь помещений через системы естественного освещения. *Известия Томского политехнического университета* № 4. 2013. С. 322-334.
6. Ekren O., Araz A., Hepbasli E. Gunerhan H. Design Aspects and Experimental Performance Test of a Wastewater Heat Pump for the Mediterranean Climate : *Journal of Clean Energy Technologies*, No. 5, 2016.
7. K. H. Zimmerman, Heat Pumps: Prospects in heat pump technology and marketing, in Proc. *International Energy Agency Heat Pump Conference*, 1987.
8. Kwang Ho Lee, Richard K. Strand The cooling and heating potential of an earth tube system in buildings. *Energy and Buildings 40 Elsevier*. 2008. – Vol. 9 P. 486-494.
9. Gregor P. Henze, Felsmann C., Doreen E., Kalz, Herkel S. Primary energy and comfort performance of ventilation assisted thermo-active building systems in continental climates. *Energy and Buildings 40*, 2008. Vol. 12, P. 99–111.
10. Bjarne W. Using building mass to heat and cool. *ASHRAE Journal*. 2012 Vol. 54, № 3. P. 96-150.

11. Kolarik, J. Simulation of energy use, human thermal comfort and office work performance in buildings with moderately drifting operative temperatures. *Energy and Buildings* 43 (11). 2011. Vol. 9, P. 2988–2997.
12. Toftum, J. Occupant Responses and energy use in buildings with moderately drifting temperatures. *Atlanta : ASHRAE*. 2008. P. 145
13. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування. Київ [Чинний від 2014-01-01]. Вид. Офіц. Київ : Місрегіон України , 147 с. (Інформація та документація).
14. BS EN 14511-2:2018 Air conditioners, liquid chilling packages and heat pumps with electrically driven compressors for space heating and cooling. Test conditions. [Publication Date 2018-03-01]. BSI, P. 22 (Information and documentation).

ДОДАТОК А  
Температурний стан будівлі



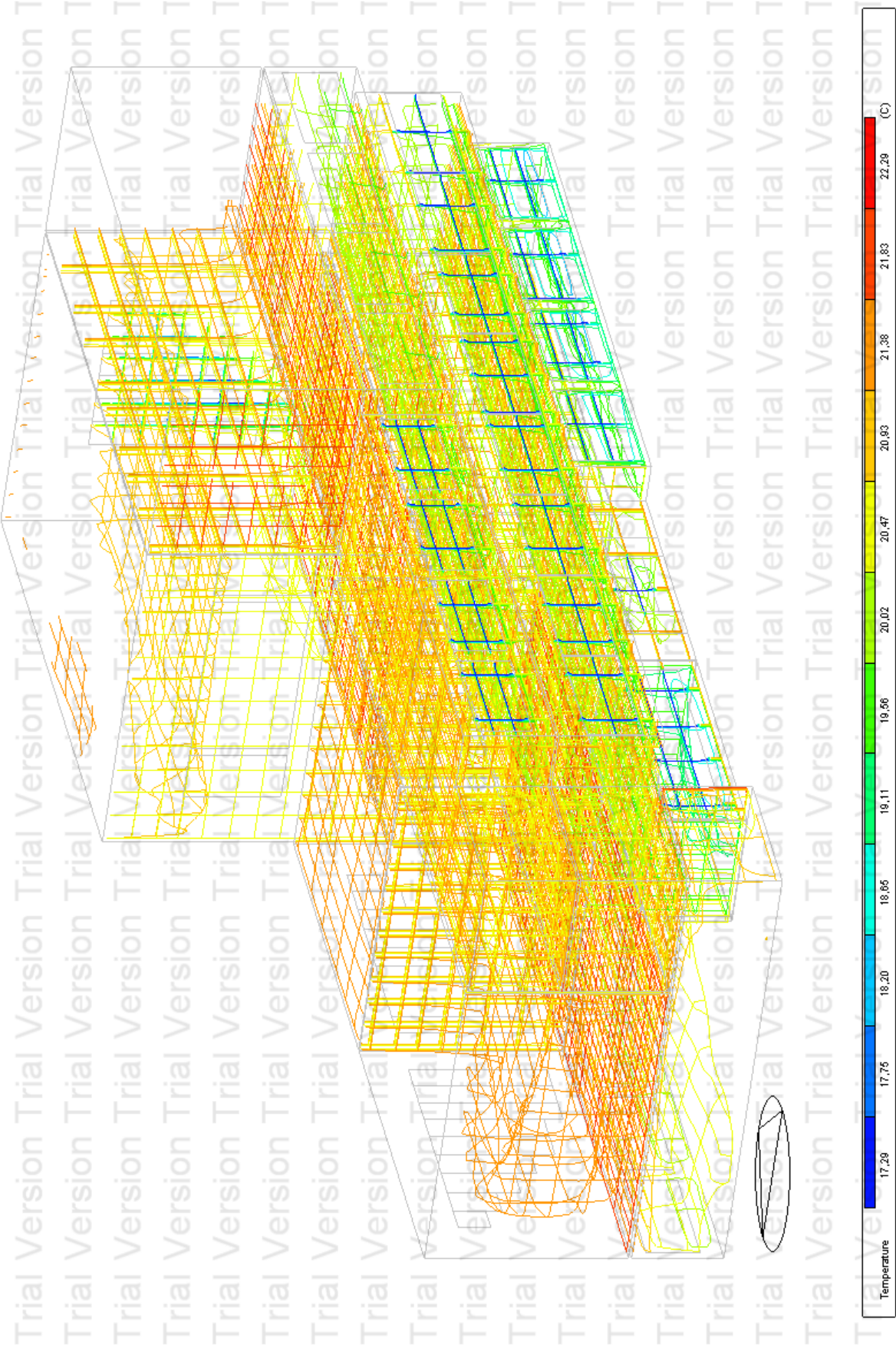


Рисунок Д.1.1.1 – Розподіл температури повітря в об’єкті дослідження (3D контури)



Рисунок Д1.2 – Розподіл температури повітря в об’єкті дослідження (3D контури)



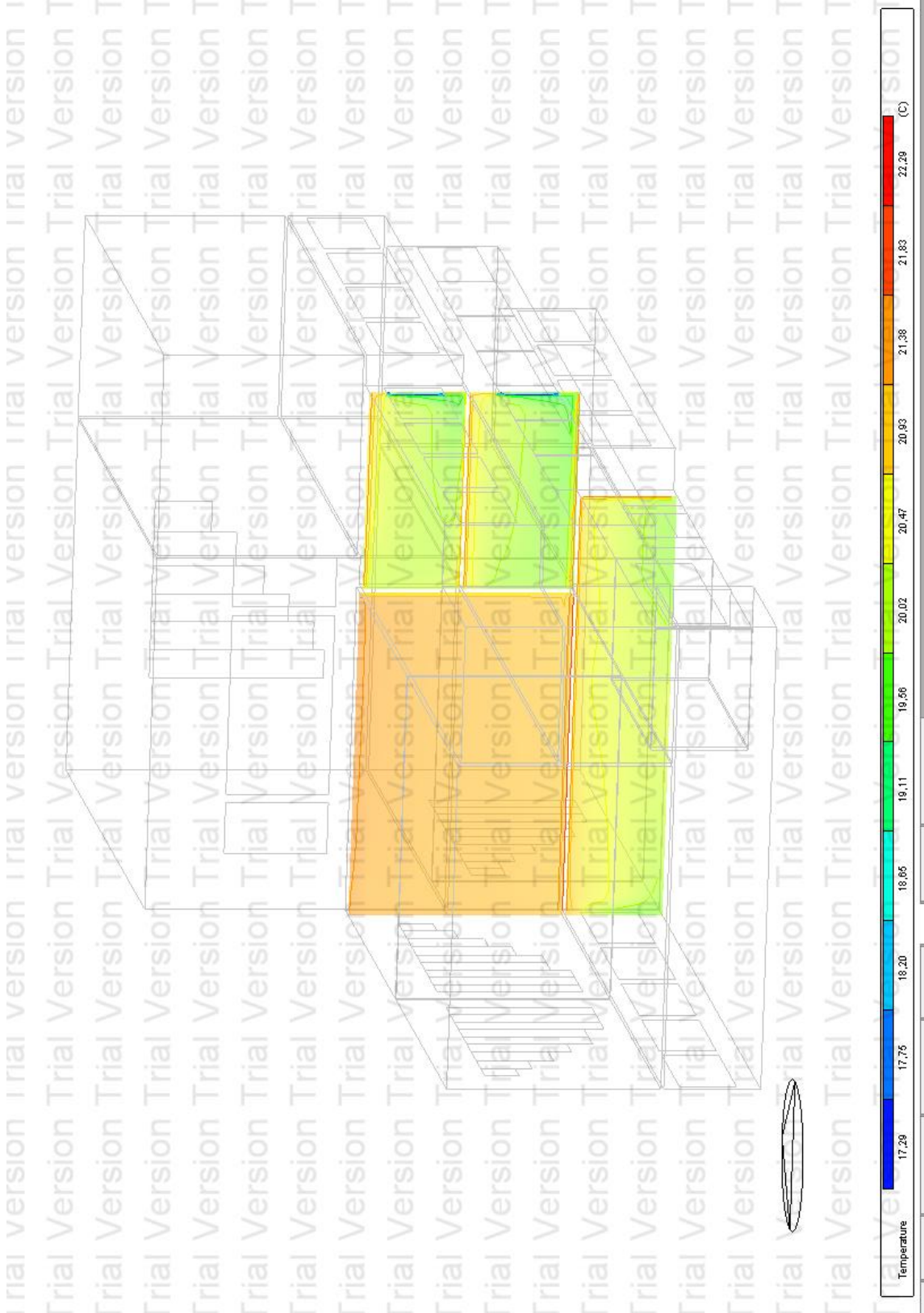


Рисунок Д1.3 – Розподіл температури повітря в об’єкті дослідження (3D контури)

## ДОДАТОК Б

Розподіли швидкості повітря в будівлі

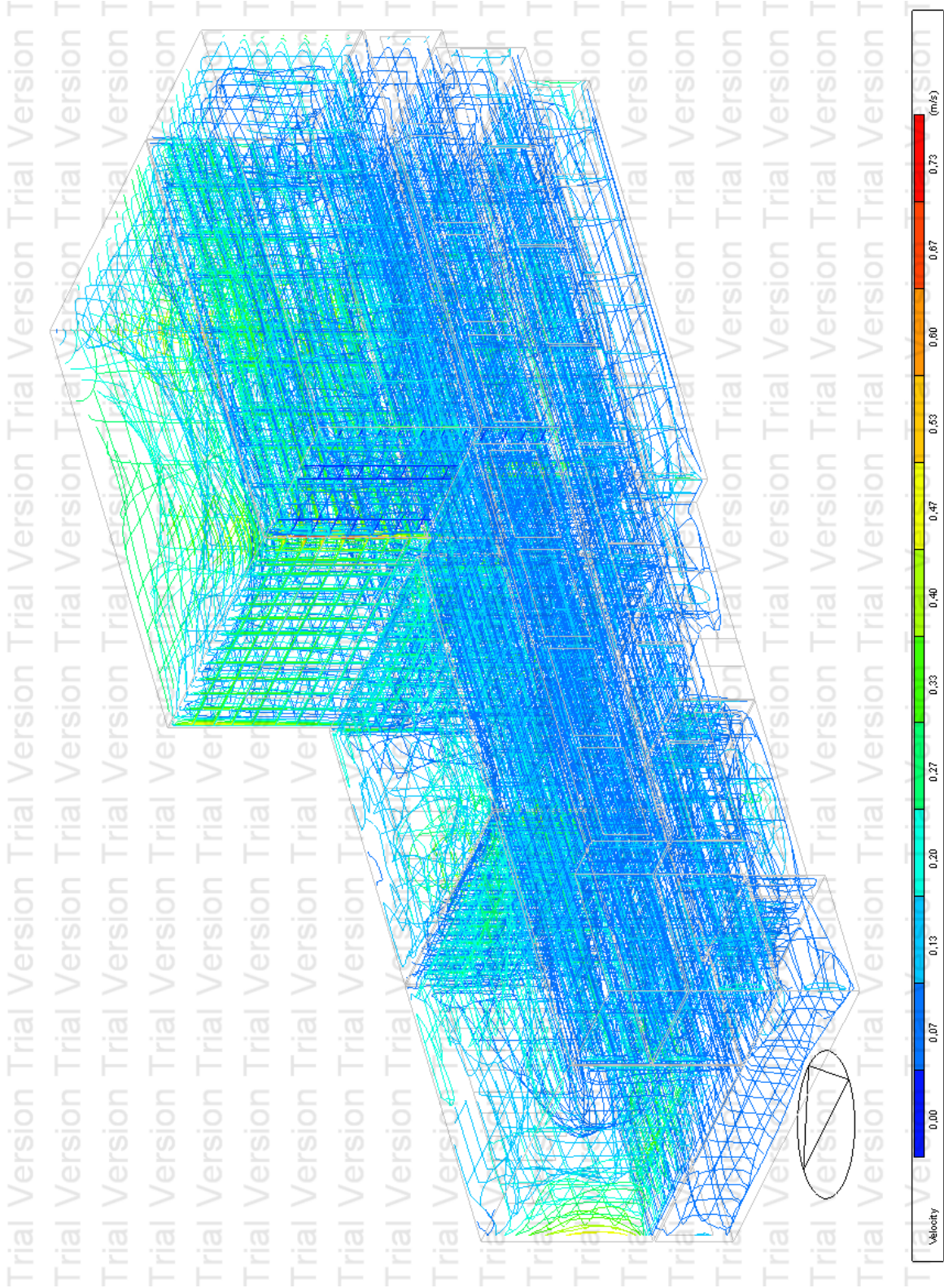


Рисунок Д2.1 – Розподіл швидкості повітря в об’єкті дослідження (3D контури)



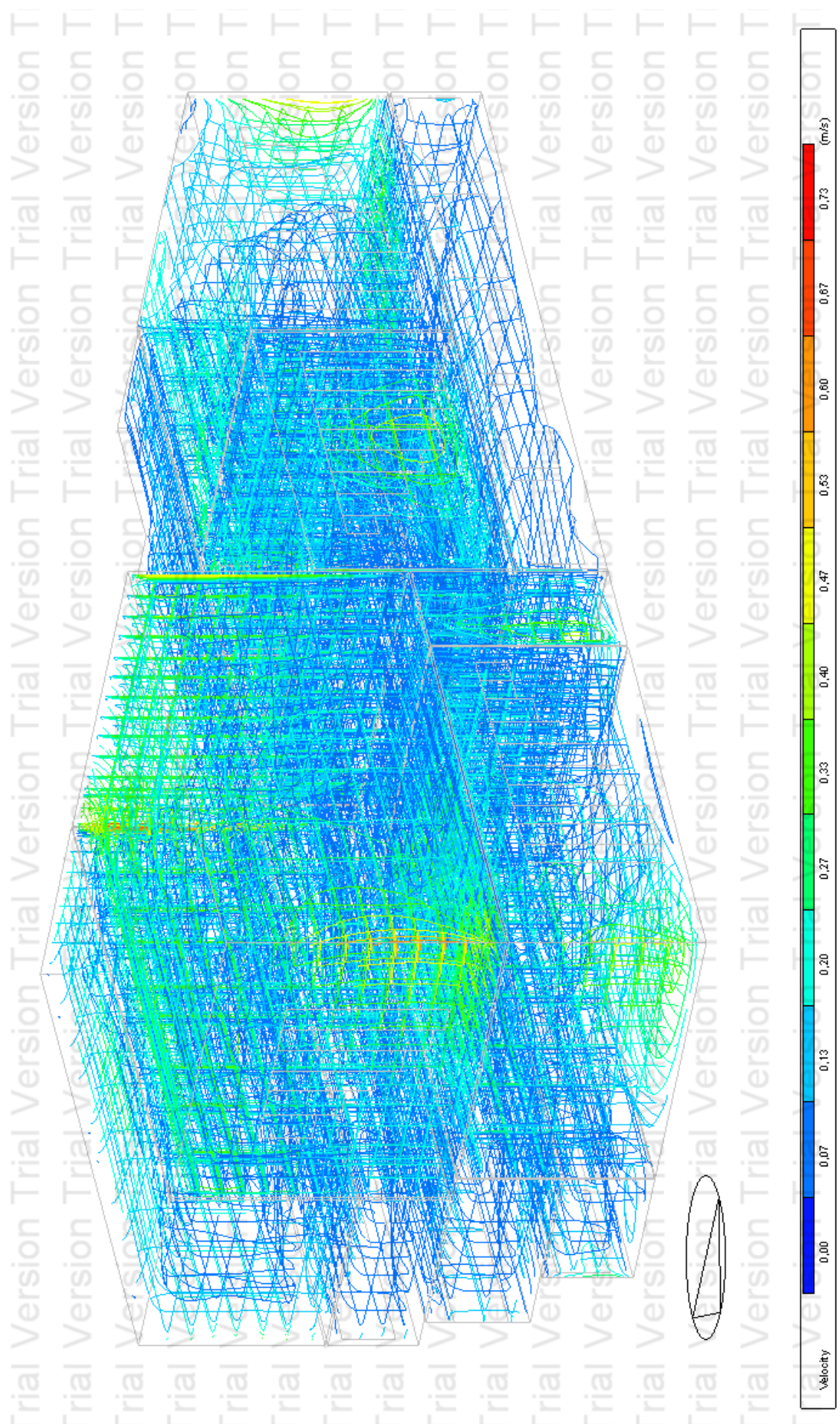


Рисунок Д2.2 – Розподіл швидкості повітря в об'єкті дослідження (3D контури)

ДОДАТОК В

Технічне завдання

ЗАТВЕРДЖУЮ

Лабораторія теплових труб

\_\_\_\_\_ С.М. Хайрнасов

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан ТЕФ НТУУ «КП»

\_\_\_\_\_ Є.М. Письменний

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ  
НА НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ

«Температурний режим будівлі»

ПОГОДЖЕНО

Зав. кафедри АЕС і ІТФ

\_\_\_\_\_ В. О. Туз

“\_\_” \_\_\_\_\_ 2016 р.

Київ 2016



## **1. Підстава для проведення роботи**

1.1 Держбюджетна тема: «Алюмінієві двофазні теплотранспортні системи з розділеними потоками пари та рідини для енергоефективних систем».

1.2 Зацікавленість в спільній науковій роботі між Hochschule Luzern, та НТУУ «КПІ» ТЕМФ, від 15.01.2015

### **Термін виконання роботи:**

Початок – 01.09.2016р.

Завершення – 30.05.2018р.

**Підрозділ виконавець:** Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», Теплоенергетичний факультет, лабораторія «Теплових труб».

**Пріоритетний напрямок:** Новітні технології та ресурсозберігаючі технології.

## **2. Мета, призначення НДР та вихідні дані для проведення**

### **Мета, призначення і актуальність роботи.**

*Мета даної роботи:*

Отримання температурного режиму типових українських будівель, з використанням нових ефективних шляхів термостабілізації (охолодження, нагріву).

*Призначення роботи:*

Розробка рекомендацій щодо термостабілізації будівель (кондиціонування, нагріву) при зміні клімату на період з 2016 по 2046 рік. Визначення впливу зміни клімату на ефективність роботи систем охолодження та нагріву.

*Актуальність:*

В умовах високих цін на енергоресурси питання забезпечення температурного режиму будівель з метою створення комфортних умов життєдіяльності є першочерговим. Тому актуальним постає завдання довгострокового планування сучасних систем термостабілізації («холодна стеля», «термо-активні конструкції») та визначення їх ефективності роботи в контексті глобального потепління.

## **3. Науково-практична новизна**

Наукова цінність роботи, полягає:

1) у дослідженні впливу зміни клімату на енергоспоживання будівель;

2) у виборі оптимальних техніко-економічних рішень щодо вирішення питання термостабілізації приміщень на прикладі типових будівель України.

#### **4. Основна науково-технічна ідея**

Основна наукова ідея роботи полягає у врахуванні впливу зміни клімату на енергоспоживання будівель. Розрахунок моделей на енергоспоживання на протязі 30 років і визначення зміни кліматичних умов в приміщенні. Створення теплових моделей основних типів систем термостабілізації будівель та визначення правильного запасу потужності систем для їх ефективної роботи в майбутньому.

#### **5. Вихідні дані**

Типова українська житлова та адміністративна будівля та дані щодо зміни клімату на період з 2016 по 2046 років.

#### **6. Етапи виконання роботи**

- 6.1 Проведення літературного огляду щодо сучасного стану питання.
- 6.2 Вибір і обґрунтування методу дослідження.
- 6.3 Опис математичної моделі.
- 6.4 Розробка моделі будівель та підбір систем для термостабілізації.
- 6.5 Проведення тестових випробувань. Аналіз отриманих результатів.
- 6.6 Висновки і рекомендації на основі проведених досліджень.
- 6.7 Оформлення пояснювальної записки.

#### **7. Очікувані результати та порядок реалізації НДР**

##### **7.1 Очікувані результати.**

В результаті даної роботи будуть отримані рекомендації щодо вибору методів оптимальної термостабілізації будівель в контексті зміни клімату. Буде обґрунтовано використання сучасних систем охолодження («холодна стеля», «термо-активні конструкції») та можливість їх реалізації в майбутньому. Визначено локалізацію місць основних теплопритоків та тепловтрат і запропоновано рішення даних питань.

7.2 Передбачувані способи реалізації результатів НДР, рекомендації щодо застосування та впровадження результатів НДР.

Оцінка можливості розробки систем термостабілізації в контексті впливу зміни клімату.

##### **7.3 Можливі користувачі.**

Користувачами результатів можуть бути наукові, проектно-конструкторські та виробничі організації, що працюють в сфері розроблення систем охолодження та нагіву будівель.

## **8. Матеріали, що надаються після закінчення роботи**

8.1 Технічне завдання.

8.2 Пояснювальна записка.

8.3 Акт впровадження.

8.4 Кресленики і плакати.

## **9. Вимоги щодо технічного захисту інформації**

В роботі відсутні обмеження за пп. 11.1-11.5 Тимчасового Переліку 1992р., немає відомостей, опублікування яких заборонено відповідно до «Зводу відомостей, що становлять державну таємницю» (затвердженого наказом СБУ №440 від 12.05.2005р.) і «Переліку конфіденційної інформації МОН України» від 14.02.2002р. №5 ДСК, тому робота виконується у відкритому порядку.

## **10. Порядок розгляду і приймання НДР**

Результати роботи розглядаються на засіданні кафедри АЕС і ІТФ НТУУ «КПІ».

Науковий керівник НДР

\_\_\_\_\_ / Н.Л. Лебедь /

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2016 р.

Студент групи ТФ-61м

ТЕФ НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського»

\_\_\_\_\_ / Р.В. Мордас /

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2016 р.

## ДОДАТОК Г

Довідка про впровадження.

**ДОВІДКА**  
**про впровадження**

м.Київ

„\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2018р.

Магістерська дисертація освітнього ступеню „магістр” по спеціальності 144 Теплоенергетика спеціалізації Теплофізика магістранта Мордаса Романа Вікторовича на тему „Температурний режим будівлі” виконана на належному рівні, відповідає сучасним напрямкам розвитку термостабілізації будівель. Результати виконання магістерської дисертації використані при реконструкції індивідуального житлового будинку в с. Нещерів Обухівського району Київської області.

Головний інженер-проектувальник  
ТОВ «NRGTEC»

Лейнов Д.В.